



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ANALÝZA POŠKOZENÍ ČELNÍCH SKEL  
AUTOMOBILŮ A MOŽNOSTI JEJICH OPRAVY**

WINDSCREEN DEFECTS ANALYSIS AND REPAIR POSSIBILITIES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Dušan Ondrouch

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Stanislav Tokař

BRNO 2017



## Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav soudního inženýrství  
Student: **Bc. Dušan Ondrouch**  
Studijní program: Soudní inženýrství  
Studijní obor: Expertní inženýrství v dopravě  
Vedoucí práce: **Ing. Stanislav Tokař**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Analýza poškození čelních skel automobilů a možnosti jejich opravy**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

DP se zaměří na rozdělení charakteristických poškození čelních skel vozidel, vyplývajících z hlášených pojistných událostí. Popsat možnosti moderních metod oprav poškození čelních skel vozidel. Téma je plánováno ve spolupráci s pojišťovnou.

#### **Cíle diplomové práce:**

1. Popsat výrobu, konstrukci a vlastnosti moderních čelních skel vozidel.
2. Na základě získaných vzorků analyzovat charakteristické typy poškození čelních skel vozidel.
3. Provést možnosti dokumentace poškození čelních skel vozidel.
4. Shrnout dosažené poznatky a jejich možnosti využití v praxi.

#### **Seznam doporučené literatury:**

BERÁNEK, Petr a Antonín SMRČEK. Tavení skla. Jablonec nad Nisou: Česká sklářská společnost, 2008. ISBN 978-80-904044-0-3.

FANDERLÍK, Ivan. Vlastnosti skel. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 1996. Sklářská knihnice. ISBN 80-85427-91-5.

HOTAŘ, Vlastimil, Vladimír KLEBSA a Ivo MATOUŠEK. Technologie automatické výroby skla. Vydání 1. V Liberci: Technická univerzita, 2015. ISBN 978-80-7494-237-2.

MENČÍK, Jaroslav. Pevnost a lom skla a keramiky. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990.

POPOVIČ, Štěpán. Výroba a zpracování plochého skla. 1. vyd. Praha : Grada, 2009. 256 s. ISBN 978-80-247-3154-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředitel

## ***Abstrakt***

V úvodu teoretické části je stručně popsána historie výroby čelních skel a také výroby skla obecně. Dále jsou popsány klíčové parametry a prvky výbavy čelních skel a v neposlední řadě také výrobní proces moderních čelních skel. Závěrem teoretické části jsou objasněny podmínky pro uvedení čelních skel do provozu - homologace. Stěžejní část práce je věnována technickému popisu typických poškození čelních skel automobilů a zjišťování jejich příčin, což má přínos při odhalování pojistných podvodů. Tato práce rovněž nastiňuje alternativní způsob opravy poškození čelního skla, nebo pokud je to nutné, jeho výměnu.

## ***Abstract***

Theoretical part's opening describes brief history of manufacturing of windshields and glass in general. Further in this part, key parameters and additional features are described as well as manufacturing processes of a modern windshield. Moreover, homologation procedure is clarified. The main focus of this thesis is technical description of typical damage of car's windshield and investigation of its root causes, which may help to reveal insurance fraud. The thesis also outlines alternative way, which can be used to recover damaged windshield or, if necessary, to replace it.

## ***Klíčová slova***

Poškození, pojistný podvod, sklo, prasklina, bodové poškození, čelní sklo

## ***Keywords***

Damage, insurance fraud, glass, crack, point crack, point damage, windshield

### ***Bibliografická citace***

ONDROUCH, D. *Analýza poškození čelních skel automobilů a možnosti jejich opravy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 91 s.  
Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislav Tokař.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

Podpis diplomanta

### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především mamince a Ing. Stanislavu Tokařovi za trpělivost, pomoc a rady při vypracování této práce. Samozřejmě bych rád poděkoval hlavně zbytku rodiny a dále také Lence, Markovi, Lubomírovi, Radimovi a mnohým dalším, kteří mě při studiu finančně, vědomostně a psychicky podporovali.



# OBSAH

OBSAH.....	9
1 ÚVOD.....	12
2 SKLO.....	13
2.1 SKLO A JEHO HISTORIE.....	13
2.1.1 Historie skla.....	13
2.1.2 Historie plaveného skla.....	14
2.1.3 Sklo jako látka.....	14
2.2 SLOŽENÍ SKLA.....	15
2.3 VLASTNOSTI SKLA.....	19
2.3.1 Křehký lom.....	19
2.3.2 Tvrdost skla.....	21
2.3.3 Pevnost skla v tahu.....	22
2.3.4 Pevnost skla v tlaku.....	22
3 ČELNÍ AUTOMOBILOVÁ SKLA.....	23
3.1 VÝROBA SKLA.....	24
3.1.1 Výrobci skla.....	24
3.1.2 Plavené sklo (float glass).....	25
3.1.3 Čelní sklo.....	26
3.1.4 Druhy zkoušek prováděných na čelních sklech.....	30
3.2 DĚLENÍ AUTOSKEL.....	34
3.2.1 Vsazená do gumy.....	34
3.2.2 S rámečkem.....	34
3.2.3 Značení skel od výrobce.....	35
3.2.4 Dodatečné značení.....	36
3.3 VÝBAVA ČELNÍCH SKEL.....	37
3.3.1 Zabarvení (tónování) čelních autoskel.....	38
3.3.2 Protisluneční pruh.....	38
3.3.3 Černý pás na okraji.....	39
3.3.4 Senzory na autosklech.....	40
3.3.5 Antény na autosklech.....	41
3.3.6 Vyhřívání čelních autoskel.....	41
3.3.7 Akustická folie.....	43
3.3.8 Zpětná projekce na čelním autoskle neboli display ve výšce hlavy.....	43

3.4	POSTUP ZASKLÍVÁNÍ .....	44
3.4.1	<i>Chyby zasklívání</i> .....	45
3.4.2	<i>Postup při výměně</i> .....	46
4	POŠKOZENÍ ČELNÍCH SKEL .....	49
4.1	VZNIK POŠKOZENÍ .....	49
4.1.1	<i>Vznik bodového poškození</i> .....	49
4.1.2	<i>Vznik poškrábání</i> .....	53
4.1.3	<i>Totální rozbití (poškození)</i> .....	54
4.1.4	<i>Popraskání čelního skla</i> .....	55
4.2	LOMOVÝ OBRAZEC (VNĚJŠÍ NEBOLI OKEM VIDITELNÝ) .....	57
5	INDICIE NAPOMÁHAJÍCÍ K ODHALOVÁNÍ PODVODNÝCH NÁROKŮ .....	61
5.1	ROVNÉ PRASKLINY ZASAHOJÍCÍ DO OKRAJE ČELNÍHO SKLA .....	61
5.2	TVAR OKOLÍ BODOVÉHO POŠKOZENÍ .....	62
5.3	ÚHEL ROZVĚTVENÍ .....	64
5.4	POZICE BODOVÉHO POŠKOZENÍ V PRASKLINĚ .....	64
5.5	VZLÍNÁNÍ VLHKOSTI .....	65
5.6	SMĚR PRASKLINY .....	67
5.7	SMĚR ODŠTÍPNUTÍ MATERIÁLU V BODOVÉM POŠKOZENÍ .....	68
5.8	POSTUPNÉ ROZPRASKÁVÁNÍ .....	71
5.9	JINÉ POŠKOZENÍ NA SKLE .....	73
5.10	TVAR OHNISKA BODOVÉHO POŠKOZENÍ .....	74
6	BEZDEMONTÁŽNÍ OPRAVA ČELNÍHO SKLA .....	75
6.1	PODMÍNKY PROVEDITELNOSTI .....	75
6.1.1	<i>Technické podmínky</i> .....	75
6.1.2	<i>Legislativní podmínky</i> .....	75
6.2	PRŮBĚH OPRAVY .....	77
6.2.1	<i>Postup opravy</i> .....	77
6.2.2	<i>Následky opravy</i> .....	80
6.3	PROČ OPRAVU PROVÁDĚT .....	80
6.3.1	<i>Technické důvody</i> .....	80
6.3.2	<i>Finanční důvody</i> .....	80
6.3.3	<i>Časové důvody</i> .....	81
6.4	PŘEDMĚTY POUŽITÉ PŘI VÝZKUMU .....	81
7	ZÁVĚR .....	83
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	85

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	86
10 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	88
11 SEZNAM TABULEK .....	91

# 1 ÚVOD

Diplomová práce bude zaměřena na poškození čelních skel automobilů. Podrobně se bude věnovat těm poškozením, které jsou následně řešeny jako škodní události v rámci pojišťovny.

Tato práce vznikla za podpory České pojišťovny a Generali Pojišťovny. Tyto pojišťovny likvidují ročně okolo 50 000 škodních událostí týkajících se čelních skel. Tolik škodních událostí netvoří ani všechny ostatní skupiny dohromady. Pokud tento faktor spojíme s neuceleností systému hodnocení škodních událostí týkajících se čelních skel, vznikne problém v podobě možného úniku nemalých finančních prostředků v důsledku neoprávněných pojistných nároků.

Po osvětlení problému týkajícího se nedostatku technických podkladů pro odhalování pojistných podvodů v této kategorii pojistných událostí, jsem byl rozhodnut vnést do této problematiky jasno. Automobily se zabývám od útlého dětství a prostředí pojišťoven je mi také velice blízké. Proto se tato diplomová práce stala lákavou výzvou a možností dobře se uvést v českých pojišťovacích vodách.

Úvod práce se bude věnovat popisu historie skla a jeho vlastností. Dále bude v rešeršní části práce popsána výroba plaveného skla a následné přetvoření skleněných tabulí na automobilová čelní skla. V rešeršní části budou také popsány nejdůležitější homologační zkoušky a bude podrobně rozebrána nadstandardní výbava čelních skel, která je v dnešní době alfou a omegou tohoto komponentu.

Praktická část práce bude tvořena úvodem popisujícím zasklívání vozu a to nejen ve výrobním procesu vozidla, ale především v opravárenské praxi, která úzce souvisí s hlavním cílem práce.

Stěžejní kapitoly budou popisovat druhy poškození týkajících se čelních skel a příčiny jejich vzniku. Dále obecné zákony týkající se lomové mechaniky skla. V nejdůležitější kapitole se pokusím naplnit cíl práce a to využít získané poznatky k sestavení návodu pro odhalení pojistných podvodů.

Na závěr bude popsán alternativní postup při opravě čelního skla a důvody pro jeho upřednostnění před klasickou výměnou.

## **2 SKLO**

### **2.1 SKLO A JEHO HISTORIE**

#### **2.1.1 Historie skla**

V lidské historii se sklo vyskytuje již dlouhou dobu a v přírodě ho můžeme nalézt jako vedlejší produkt sopečné činnosti. Je to všestranný materiál, který je užíván ve stovkách technických aplikací.

Historie skla sahá hluboko do starověku. Nálezy existují již z jeho počátku z období 5000 let př. n. l. Za objevitele se považují Egypťané. Stáří jedné skleněné perly objevené v Egyptě se odhaduje na 5500 let př. n. l. Objev skla se připisuje práci s keramikou, která v té době tvořila velký podíl na předmětech denní potřeby. První byly ozdobné korálky a tyčinky. Nádoby, jako například sklenice a misky, byly vyráběny až později a z počátku se vyráběly pomocí pískového jádra. Tehdejší sklo bylo z chemického hlediska velice nedokonalé, jelikož obsahovalo oxid křemičitý, vápník a sodík. První mezník při výrobě skla přišel s objevením sklářské píšťaly. Menší hliněné píšťaly používali Féniciáné již v letech 1500 př. n. l. Zdokonalení píšťaly a velký technologický pokrok měli na svědomí Římané okolo počátku našeho letopočtu. Římané také začali vyrábět čiré sklo a ploché sklo. (6, 9, 18)

Od počátku našeho letopočtu již byla výroba skla hojně rozšířená. V průběhu následujících století se zdokalovaly a vyvíjely nové postupy výroby skla.

Za druhý mezník ve sklářské historii se považuje nápad Henryho Bessemera, který poprvé nalil sklo na hladinu roztaveného cínu a tím položil základ pro metodu plaveného skla (float glass). Učinil tak v roce 1843 a i když se jeho nápad ihned neuchytil, měl pro sklářství v pozdější době veliký význam. Do roku 1959 se všechna skla, která měla vysokou kvalitu, vyráběla broušením a následným leštěním. (6, 18)

Významné místo v historii skla zauímají i čeští skláři. Již v druhém tisíciletí před naším letopočtem se do českých zemí v rámci obchodu dostalo sklo z Egypta a syrské oblasti. Nejprve se v Čechách vyráběly pouze skleněné perly a korálky různých barev a často pouze nedokonale protavené. Větší objem tavení souvisí s rozvojem civilizace Keltů zhruba v období 400 – 0 př. n. l. První písemná zmínka o skle na našem území pochází z roku 1162. První sklárny v českých zemích se datují do 13. století a k největšímu rozmachu těchto skláren došlo v 17. století. České sklo se proslavilo především svou bezbarvostí, vysokým

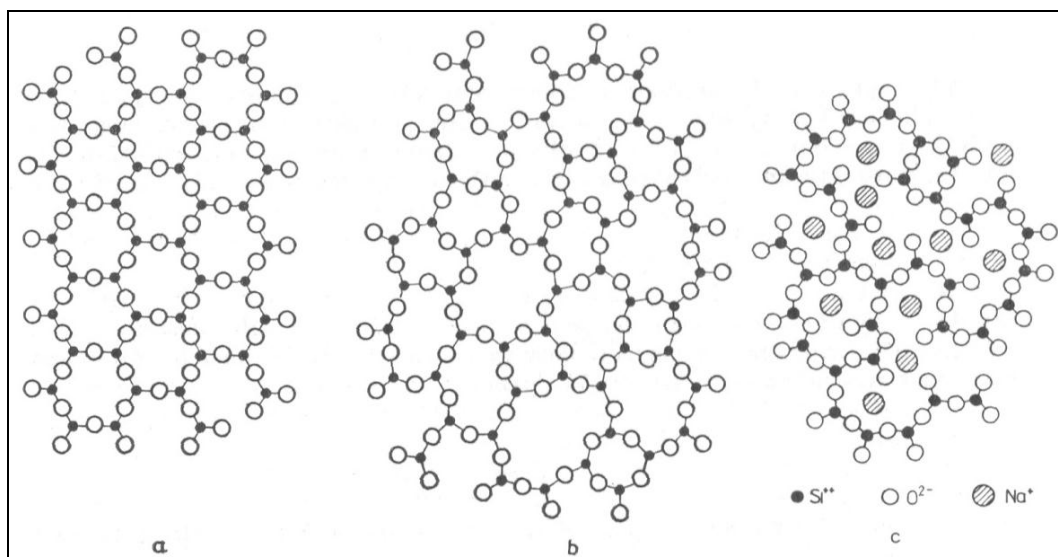
leskem a v 18. století plně konkurovalo sklu benátskému, které se do té doby těšilo největšímu věhlasu. Od této doby se již píše bohatá historie českého sklářství. Došlo k mnoha objevům, mezi nejslavnější patří utavení prvního, chemicky odolného skla. Toto sklo utavil na Sázavě František Kavalír ve třicátých letech 19. století. Čeští skláři také stojí za dříve hojně využívanou metodou výroby tabulového skla. Tato metoda spočívá v užití sklářské píšťaly, kdy je sklo vyfoukané do válcové formy, následně rozříznuté a vyhlazené do požadovaného plochého tvaru. Věhlas českých sklářů trvá do dnešní doby. (6, 9, 18)

### **2.1.2 Historie plaveného skla**

V roce 1959 se anglické firmě Pilkington Brothers podařilo v důsledku předchozího zkoumání uvést do provozu výrobu skla pomocí lití na roztavenou kovovou lázeň (objev H. Bessemera). Tato metoda dosahovala výborných výsledků jednak z hlediska kvality a také z hlediska nákladů na výrobu. V dnešní době se ploché sklo pro průmyslové účely jinou metodou prakticky nevyrábí.

### **2.1.3 Sklo jako látka**

*„Skla jsou amorfní pevné, zpravidla anorganické látky, vzniklé ztuhnutím taveniny bez krystalizace. V kapalném stavu je struktura anorganických látek neuspořádaná a atomy jsou v neustálém pohybu. Ochlazujeme-li taveninu, dochází u většiny látek při přesně definované teplotě ke ztuhnutí krystalizací, kdy se atomy uspořádají do pravidelné mřížky. U některých látek však probíhá krystalizace velmi pomalu. Je to způsobeno zejména velkou viskozitou taveniny při teplotě krystalizace. Při dostatečně rychlém ochlazení se atomy nestačí uspořádat v krystalickou mřížku a dochází pouze k určitému přeskupování sousedních částic. Dostáváme tak podchlazenou kapalinu. S klesající teplotou její viskozita dále roste a pohyb částic se stává stále nesnadnější, až při dosažení tzv. transformační teploty prakticky ustává. Částice „zamrzou“ ve stavu uspořádaném jenom zčásti a látka se začíná chovat jako pružná a pevná. Látky tohoto typu označujeme jako skla.“ (1, s. 17)*



Obr. č. 1 – Plošné znázornění rozdílů mez: a - strukturou křemene, tj. krystalického  $\text{SiO}_2$ , b – skelného  $\text{SiO}_2$  (křemenné sklo), c - sodnokřemičitého skla (1)

Látek, které jsou označovány jako skla, je celá řada. Liší se především účelem použití, vlastnostmi a složením. Za nejběžnější se považují oxidická skla. Ty je možné rozdělit podle převažující složky na křemičitá nebo boritokřemičitá. Skel s netypickým složením, užívaných pro speciální účely, je celá řada. Mezi zástupce patří například fosforečná nebo fluoridová. Z chemického hlediska jsou skla tuhý roztok různých křemičitanů (vápenatých, draselných, sodných, aj.) společně s dalšími sloučeninami (například oxidy kovů). (9, 14)

## 2.2 SLOŽENÍ SKLA

Sklářský kmen = zhomogenizovaná směs sklářských surovin přesně připravená dle předpisu. Obsahuje čtyři zásadní surovinové okruhy: 1) sklotvorné suroviny 2) taviva 3) stabilizátory 4) pomocné suroviny (kaliva, čeřiva, barviva, odbarviva a urychlovače tavení). (18, 20)

Vsázka = dané množství střepů + jedna dávka sklářského kmene dopravená do pece za účelem natavení.

### Výčet základních surovin pro výrobu skla a jejich funkcí v něm:

1. Sklářský tavný písek (hlavní složka) - písek obsahuje sklotvorný oxid křemičitý  $\text{SiO}_2$ . Tento oxid nejen že je hlavní složkou skla, ale má pro výsledné sklo pozitivní vlastnosti. Patří mezi ně snížení elektrické vodivosti, zlepšení mechanických vlastností, zvýšení chemické odolnosti, snížení teplotní roztažnosti aj.

- Surovina je těžena a následně zbavována veškerých nežádoucích příměsí (běžné zeminy, železa, atd.). Vyčištěné písky, které jsou dodávány do skláren, mají složení deklarováno normou ČSN 721202. (2, 18)
2. Oxid hlinitý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - přítomnost oxidu hlinitého ve sklovině zabraňuje odskelnění, zvyšuje viskozitu skla, zvyšuje jeho tvrdost, ale snižuje pevnost v ohybu a pružnost. Oxid hlinitý významně zlepšuje chemickou odolnost skla.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se do skla vnáší horninovými surovinami zejména živcem, méně často pak kaolinem. Živec je tvořen směsí oxidu křemičitého, hlinitého, sodného a draselného. Toto složení předurčilo živec jako vhodnou sklářskou surovinu. Z nečistot obsažených v živci je významný poměrně vysoký obsah oxidů železa. (18)
  3. Dolomit - minerál  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Součástí vsázky je kvůli oxidu hořečnatému  $\text{MgO}$  a oxidu vápenatému  $\text{CaO}$ . Oba oxidy mimo jiné podporují chemickou odolnost skla. Oxid hořečnatý ještě navíc zlepšuje mechanické vlastnosti výsledného skla. Nej kvalitnější dolomit se nachází v rámci Evropy ve Francii, Španělsku, Slovensku a Norsku. (2, 18)
  4. Vápenec - minerál  $\text{CaCO}_3$ . Do skla dodává oxid vápenatý ( $\text{CaO}$ ) stejně jako výše uvedený dolomit. Oxid vápenatý, jak již bylo zmíněno, zvyšuje chemickou odolnost, zpevňuje strukturu skla a zlepšuje vlastnosti týkající se teplotní roztažnosti. V ČR se těží hned na několika místech (Krkonoše, Šumava aj.). (2, 18)
  5. Soda (druhá co do objemu ve sklářské vsázce) - uhličitán sodný  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Vnáší do skla oxid sodný  $\text{Na}_2\text{O}$ , ten významně usnadňuje zpracování skla. Mezi jeho nejdůležitější vlastnosti patří podpora tavení a následně i homogenizace skloviny. Má však i negativní vlastnosti, tj. zhoršuje chemickou odolnost výsledného skla a snižuje jeho mechanickou pevnost. (2, 18)
  6. Sulfát - síran sodný  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Do vsázky je přidáván jako syntetická látka. Při tavení skloviny plní funkci čeřiva a také do skla zanáší oxid sodný. (2, 18)
  7. Znělec - vyvřelá sopečná hornina. Je součástí vsázky kvůli obsahu alkálií a užívá se především při výrobě čirého skla. (2, 18)
  8. Živec - přírodní minerál. Je velice rozšířený v nečisté formě a bývá dělen na živec sodný, draselný a vápenatý. Do vsázky je přidáván stejně jako znělec kvůli alkáliím. (2, 18)
  9. Oxid železa - pomocí něj je dosahováno zeleného zabarvení (jeho procentuální zastoupení určuje sytost zeleného odstínu). Ostatní prvky také zapříčiňují zabarvení



skla, jedná se například o oxid vanadičný (zelené až žluté), síran kobaltnatý (modré) a grafit (zelené). (2, 18)

Prvek	A	B	C	D
SiO <sub>2</sub>	72,14	72,50	71,50-72,50	72,14 ± 0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,55	1,00	1,30-2,50	0,77 ± 0,39
CaO	9,30	8,10	6,00-8,20	8,59 ± 0,40
MgO	4,10	3,90	4,30-5,00	3,98 ± 0,20
Na <sub>2</sub> O	13,50	13,70	11,00-13,40	13,65 ± 0,42
K <sub>2</sub> O	0,06	0,30	0,50-1,50	0,25 - 0,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,07	0,04-0,90	0,077 ± 0,026
TiO <sub>2</sub>	0,06	-	-	-

*Tab. č. 1 – Chemické složení plaveného (float) skla u jednotlivých výrobců (2)*

A - AGC Flat Glass Czech, a. s.

B - Fanderlik

C - čínský patent pro velmi tenké sklo

D - průměrné složení plaveného skla evropských výrobců v letech 1976 až 1993

Při výrobě skla je požadována chemická čistota, dodržení barevného odstínu aj. To vše je dosahováno pomocí použití přesně definovaného množství jednotlivých surovin. Také jejich prvotní zpracování má vliv, proto jsou jednotlivé suroviny různě drceny a čištěny kvůli dosažení nejvyšší jakosti. Ta je měřena čistotou a především získáním požadované zrnitosti, která má zásadní dopad nejen na kvalitu protavení.

frakce (mm)	jakostní třída				
	TS 40	TS 25	TS 21	TS 20	TS 15
	obsah frakce (%)				
pod 0,1	< 1,5	< 1,5	< 1	< 5	< 1
0,1 - 0,315	> 90	> 93	> 94		> 84
0,315 - 0,5				> 85	< 14
0,5 - 0,63					< 1
0,63 - 0,8					< 8
0,8 - 1,0	< 10	0			
1,0 - 1,25	< 0,2	< 0,2	0	< 0,2	0

Tab. č. 2 – Požadavky na zrnitost sklářských tavných písků (9)

funkce ve skle	minerály, sloučeniny	horniny
sklotvorné suroviny		
SiO <sub>2</sub>	křemen, živce, nefelín	sklářský (křemenný) písek
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (také funkce stabilizátoru)	živce, nefelín, kryolit, hydroxid hlinitý	kaolín, fonolit, pegmatity, aplity
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	borax, sassolin, kyselina boritá	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	fosfáty - apatit, kostní moučka	
Stabilizátory		
CaO	kalcit, dolomit, fluorit	vápenec, dolomit
MgO	dolomit, magnezit	dolomit, magnezit
PbO	oxidy Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> nebo PbO, cerusit	
BaO	uhličitan nebo dusičnan barnatý	
ZnO	zinková běloba	
Taviva		
Na <sub>2</sub> O	soda, síran a dusičnan sodný, borax, plagioklasy, nefelín, kryolit	fonolit a další horniny
K <sub>2</sub> O	potaš, ledek, draselné živce	fonolit a další horniny
Li <sub>2</sub> O	sloučeniny Li	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	borax, sassolin, kyselina boritá	
barvící substance		
Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Cu, Co, Ni, Cr, Au atd.		

Tab. č. 3 – Přehled sklářských surovin podle jejich funkcí a chemického složení (9, 18)

druh skla	max. obsah $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%)
baktericidní a uviolová skla	0,001
optická skla	0,010
křišťálová skla - užitková skla	0,015
lisovaná skla - křišťál	0,021
obalová skla - konzervní	0,025
tabulová skla	0,040
opakní tavený křemen	0,020
lahvová skla zelená a hnědá	0,100

Tab. č. 4 – Hodnoty maximálního obsahu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve sklářských pískách pro různé typy skel (9)

## 2.3 VLASTNOSTI SKLA

Sklo jako každý materiál má určité mechanické vlastnosti. Tyto vlastnosti nám dávají přehled o možnostech využití nejen v technické praxi. Sklo se běžně zkouší v tahu, tlaku a ohybu. Taktéž se u něj testuje pevnost při víceosé napjatosti, zkoumá se modul pružnosti v tahu a smyku, tvrdost, jsou prováděny zkoušky opotřebení a mnoho dalších zkoušek vždy v návaznosti na účel použití konkrétního skla. (1)

Jako materiál se klasické sklo vyznačuje především vysokou propustností světla v části viditelného spektra, dále velkou tuhostí a tvrdostí za běžných teplot. Sklo je velice křehké. Mezi další vlastnosti můžeme zařadit dobrou odolnost vůči povětrnostním a chemickým vlivům, vysokou pevnost v tlaku, relativně nízkou měrnou elektrickou a tepelnou vodivost a velkou homogenitu materiálu. Sklo je navíc nepropustné, co se týče vody, vzduchu a jiných látek. (1, 9)

### 2.3.1 Křehký lom

Křehký lom představuje termín, který přiřazujeme poruše (meznímu stavu) materiálu způsobené trhlinou, která se šíří rychlostí zvuku v daném materiálu. Materiál, který označujeme jako křehký, **má velice malou odolnost vůči porušení po dosažení meze pružnosti**. Opakem křehkého materiálu je houževnatý materiál. (1, 15)

Definice pojmů:

Lom = mezní stav materiálu.

Mezní stav (u předmětu) = jedná se o stav předmětu, kdy se jeho vlastnosti skokově změní (dojde k porušení lomem a předmět přestane plnit svou funkci neboli stane se nefunkčním).

Při vzniku trhliny v materiálu dochází k porušování meziatomových vazeb a vzniká nový povrch.

1) trhlina (prasklina): porušení nastává jen v části materiálu

2) lom (mezní stav): porušení nastává v celém průřezu

Faktory ovlivňující porušení materiálu dělíme na dvě základní skupiny:

1) vnitřní faktory: velikost zrna, struktura, defekty a vady z technologického zpracování

2) vnější faktory: stav napjatosti, teplota, prostředí a rychlost zatěžování

Mechanismy porušení lze dělit jako:

1) štěpné: převládající vliv normálových sil - štěpný (křehký) lom

2) smykové: vliv tangenciální sil - houževnatý (tvárný) lom

Křehký lom je charakterizován těmito znaky: nastává při menším napětí, než je mez kluzu, menší spotřeba energie (než tvárný lom), nedochází k plastické deformaci, šíří se vysokou rychlostí, je kolmý na normálové namáhání a může probíhat transkrystalicky (po hranici zrn) i interkrystalicky (přes zrna). (15)

Faktory zásadně ovlivňující křehké porušení materiálu: velké tloušťky materiálu, dynamické a rázové namáhání, koncentrace napětí, nízké teploty a přítomnost vrubu a vad.

Tvárný (houževnatý) lom se vyznačuje těmito vlastnostmi: je více energeticky náročný nežli lom křehký, uplatňuje se plastická deformace, v materiálu se objevují skluzové mechanismy a stejně jako lom křehký může probíhat transkrystalicky i interkrystalicky.

Lineární lomová mechanika:

1) platí pro křehké materiály

2) uplatňuje se Hookův zákon až do lomu, nepočítá se s plastickou deformací

3) hledá se závislost mezi napětím pro šíření trhliny a kritickou velikostí trhliny

4) Griffith: *„Šířením trhliny se uvolňuje energie, která se spotřebovává na tvorbu nových povrchů. Pokud je tato energie větší, než spotřebovaná energie na nové povrchy, nastává nestabilní šíření trhliny.“* (15)

$$\sigma_{kr} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot \gamma_s}{\pi \cdot c}}$$

$\sigma_{kr}$  - kritické napětí pro šíření trhliny

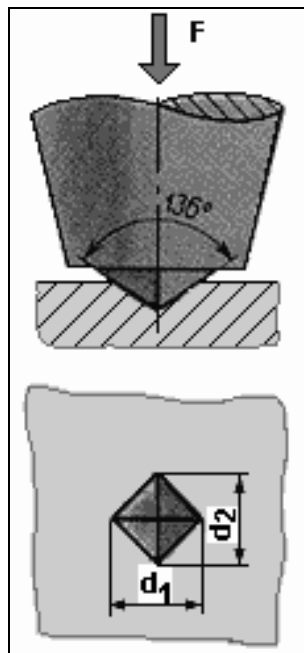
$E$  - modul pružnosti v tahu materiálu

$\gamma_s$  - měrná povrchová energie vzniklých povrchů

$c$  - poloviční délka trhliny

### 2.3.2 Tvrdot skla

Tvrdot je definována jako odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa. Nejčastější způsob měření tvrdosti skla je podle Vickerse. Tento způsob se používá také u kovů a keramiky. To nám při porovnání hodnot dává dobrou představu o vlastnostech skla vůči jiným materiálům. Při Vickersově zkoušce tvrdosti vtlačujeme čtyřboký diamantový jehlan, přesně definovaných geometrických rozměrů, do hladkého povrchu zkoušeného tělesa.



Obr. č. 2 – Zkouška podle Vickerse (3)

Následně se tvrdost určí jako podíl síly  $F$  a celkové plochy trvalého vtisku  $S$ . Diamantový jehlan má úhel  $136^\circ$  mezi dvěma stěnami kvůli co nejmenšímu tření při vtlačování, přičemž doba vtlačení je samozřejmě normovaná.

$$HV = \frac{S}{F} \quad S = \frac{u^2}{2 \times \sin \frac{1}{2} \alpha} \quad u = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad HV = 1,8544 \frac{F}{u^2}$$

$d_{1,2}$  - úhlopříčka

$u$  - střední délka úhlopříčky

Nutno podotknout, že při vtlačování tělíska (indentoru) do křehkých materiálů velmi snadno a často dochází k drcení a praskání v místě vtisku. Proto se u skla většinou používá malá zátěžná síla ( $0,01\text{ N}$  až  $2\text{ N}$ ). Takto jsou vytvořeny pouze mikroskopické vtisky. Proto v této situaci nazýváme změřenou hodnotu jako mikrotvrдость a na její určení je třeba mikroskopu. Důležitým faktem je, že i když užíváme tentýž vztah pro výpočet, není možné makrotvrдость a mikrotvrдость porovnávat. (1)

### 2.3.3 Pevnost skla v tahu

Pevnost v tahu je definována jako poměr tahové síly potřebné k přetržení zkušebního tělesa a průřezu tohoto tělesa v místě lomu.

$$\sigma_{Pt} = \frac{F}{S}$$

U tahových zkoušek skleněných vzorků je hlavní nevýhodou jejich náchylnost na špatné upnutí. Pokud není zajištěno dokonalé vystředění vzorku, objevují se ve vzorku přídavná ohybová nebo smyková napětí, která mají velký vliv na porušení a zkoušku obvykle znehodnotí. Naopak výhodou tahových zkoušek u skla je, že napětí je v celém průřezu vzorku rozloženo rovnoměrně. Následkem toho bývá příčinou lomu nejčastěji defekt a zkouška poskytuje velice dobrou výpovědní hodnotu o jejich rozložení v materiálu. (1)

### 2.3.4 Pevnost skla v tlaku

Pevnost v tlaku  $\sigma_{Pd}$  je definována jako napětí, při kterém dojde k rozdrčení zkušebního tělesa tlakovou silou. U této zkoušky platí stejný vztah jako u zkoušky v tahu. Taktéž je u ní třeba věnovat velkou pozornost přípravě a upnutí vzorku. Zajímavostí je, že naměřené hodnoty jsou až dvacetinásobkem hodnot při zkoušce tahové. Jiné materiály dosahují pouze desetinásobku tahových hodnot. (1)

### 3 ČELNÍ AUTOMOBILOVÁ SKLA

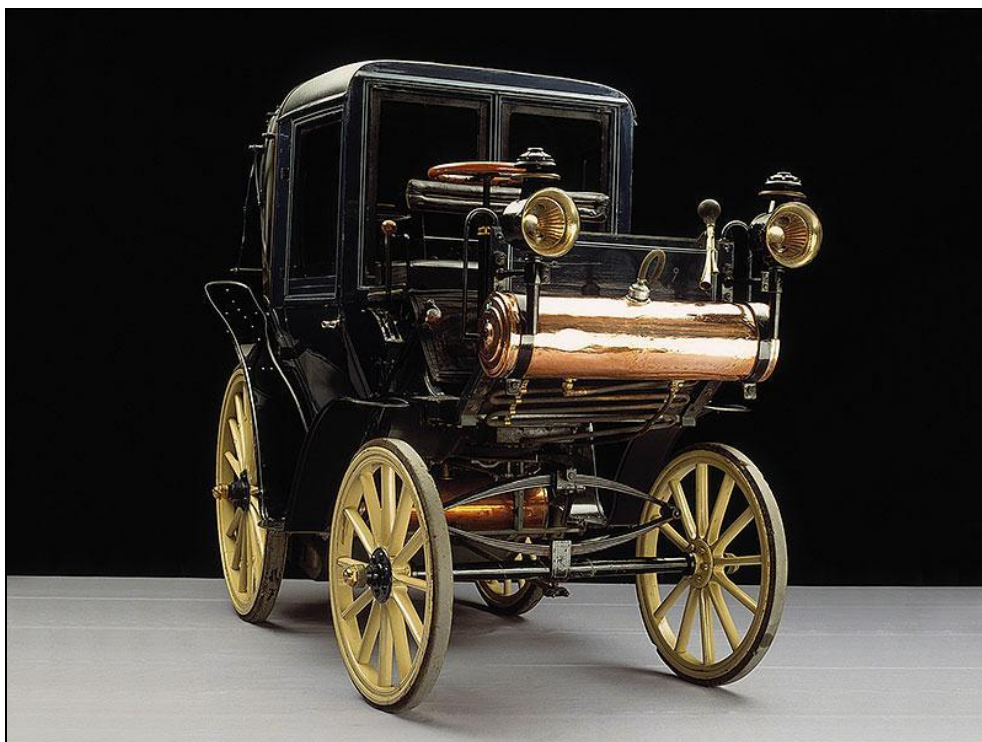
Autoskla na vozidlech se objevila velice brzo po vývoji prvních automobilů a to v roce 1904. Potřeba chránit pasažéry a vyšší míra komfortu, který autoskla poskytovala, zapříčinila rychlý rozvoj. Nejprve se používalo naprosto běžné sklo. Od roku 1904, kdy se čelní skla začala používat, až do roku 1912 byla první plochá čelní skla zasazována do dřevěného rámu. Zlepšení bezpečnosti úzce souviselo s vynálezem bezpečnostního temperovaného skla. Temperování je tepelné zpracování skla, které zapříčiní zvýšení jeho tvrdosti a odolnosti proti roztržení. K dalšímu zvýšení bezpečnosti došlo v roce 1912, kdy společnost Pilkington začala vyrábět nově vynalezené vrstvené sklo. U těchto skel byla mezi dvěma skly původně použita vrstva acetylcelulózy. (4, 5, 12)

Dnes je z důvodu bezpečnosti ve většině zemí uzákoněno použití vrstvených skel. Vrstvená autoskla se můžou mírně prohnout a jsou mnohem odolnější proti rozbití. Tím je sníženo riziko poranění cestujících. V letech 1918 – 1930 byla čelní skla svisle a vodorovně rozdělena. Horní tabulky těchto rozčleněných skel byly upevněny v závěsech a byly nezávisle nastavitelné. Toto členění bylo nejvíce užívané u větších a nákladních vozidel, kde plnilo nejen větrací funkci, ale také ulehčovalo výrobu. V této době totiž větší rozměry čelního skla nepřiměřeně zvyšovaly náklady na jeho výrobu. (4, 5, 12)

V letech 1925 – 1955 byla čelní skla usazována do kovového rámu. Používala se svislá nebo mírně skloněná, v této době již převážně jednoduchá, plochá čelní skla. (4, 5, 12)

V roce 1948 byla střední vrstva nahrazena lepším polyvinylem. Mezivrstva vysoce odolná proti průrazu byla poprvé použita v 60. letech a byla z PVB. Tento druh je používán do dnešních dnů. V roce 1953 bylo také na trh uvedeno první jednoduché jednoduché zaoblené čelní sklo. (4, 5, 12)

Složitější vrstvená skla se začínají vyrábět od roku 1971. V tomto období se začínají objevovat různé prvky na sklech, například stínící pruh. Kombinovaně prohnuté čelní sklo (nejen na bocích, ale i v horní a spodní části) se začalo vyrábět v roce 1988, to plynule splývalo s obrysy karoserie. Na přelomu tisíciletí se začala používat složitější čelní skla, která mají vysoké příčné zakřivení a jsou integrální součástí designu automobilů. V posledních desetiletích také lze čelní skla obohatit různými komfortními a bezpečnostními prvky, které jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách. (4, 5, 12)



*Obr. č. 3 – Daimler Victoria Taxi (první zasklení prostoru pro cestující) (7)*

## **3.1 VÝROBA SKLA**

### **3.1.1 Výrobci skla**

V dnešní době je sklo vyráběno v několika hlavních kategoriích. Největší kategorie jsou float sklo, obalové sklo, broušené sklo, sklolaminát, optické sklo a speciální skla. Autoskla se vyrábí z float skla (plavené sklo). Výroba moderních autoskel je velice technologicky náročnou činností, kterou se ve většině případů zabývají velké sklářské firmy (+ jejich dceřiné společnosti), které jako svou hlavní činnost provozují výrobu plaveného skla. Na světě je přibližně 80 společností zabývajících se výrobou autoskel.

V USA jsou hlavními výrobci autoskel PPG Guardian Industries Corporation a Libby Owens (skla pro vozy Ford). Podle údajů Americké vlády je 25 % float skla spotřebováno v automobilovém průmyslu. V Japonsku je použito v automobilovém průmyslu 30 % plaveného skla. Hlavními Japonskými výrobci jsou Asahi Glass Corporation, Central Glass Corporation a Nippon Sheet Glass Corporation. V Evropě mezi největší výrobce autoskel patří Saint-Gobain, která vlastní i továrnu v Hořovicích, kde se vyrábí skla

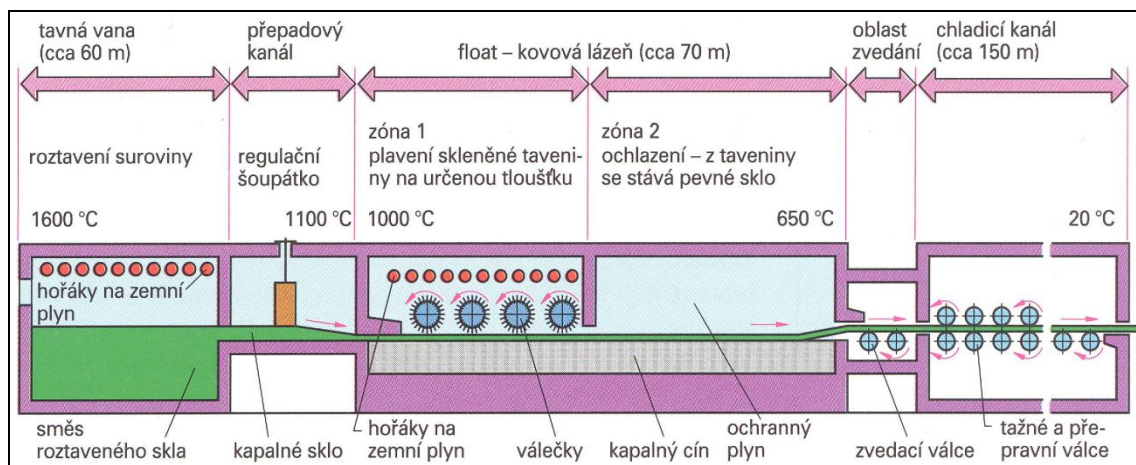


pro nejluxusnější a nejsportovnější vozy světa (Ferrari, Rolls-Royce atd.) a Britská Firma Pilkington zmíněná již dříve. Firma Pilkington vyrábí skla například pro značku Seat. (4, 5)

### **3.1.2 Plavené sklo (float glass)**

Schématický postup výroby skla metodou plavení je na obrázku č. 4. V prvním kroku výroby se suroviny zváží a v přesně daném poměru jednotlivých složek pečlivě promísí. Přidává se malé množství vody, kvůli zabránění segregaci jednotlivých složek. Skleněné střepy (rozbité odpadní sklo určené pro recyklaci) se také používají jako surovina. Směs se dopraví do velké pece, kde je zahřívána na  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Délka pece bývá  $60\text{ m}$ . Následně se již v plně roztaveném stavu přes přepadový kanál přivádí sklo do komory s roztaveným cínem. Tato komora bývá široká od  $4\text{ m}$  do  $8\text{ m}$  a její délka standardně bývá  $70\text{ m}$ . Velká délka zajišťuje, že sklo je dostatečně dlouho plaveno, aby se jeho tloušťka naprosto vyrovnala a sklo se částečně ochladilo na teplotu přijatelnou pro další zpracování. Při vstupu má cín teplotu okolo  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  a na výstupu přibližně  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sklo je plaveno po roztaveném cínu, ten ho zbaví veškerých nečistot a dokonale sklo vyrovná. Horní strana skleněné plochy se vyrovnává přirozeně gravitací. Na konci kovové lázně je sklo ochlazeno na dostatečně nízkou teplotu a může do dalšího procesu postupovat jako částečně pevná tabule.

Po opuštění kovové lázně se na sklo nanáší různé povlaky (pokud jsou vyžadovány technickou aplikací, pro kterou bude sklo určeno). V dalším kroku je sklo dopraveno do speciální ochlazovací pece. V této peci se ochladí přibližně na  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po opuštění pece je sklo ochlazeno na teplotu místnosti a připraveno k řezání. Sklo je řezáno automaticky pomocí diamantového hrotu. Následně sklo samovolně praskne nebo je ulomeno. Všechny tyto procesy jsou automatizované. Celý proces podléhá kamerové kontrole a jednotlivá stanoviště můžou být opatřena dalšími typy dozoru. Takto nařezané tabule jsou připraveny pro výrobu autoskla. (4, 5)



Obr. č. 4 – Výroba plaveného skla (8)

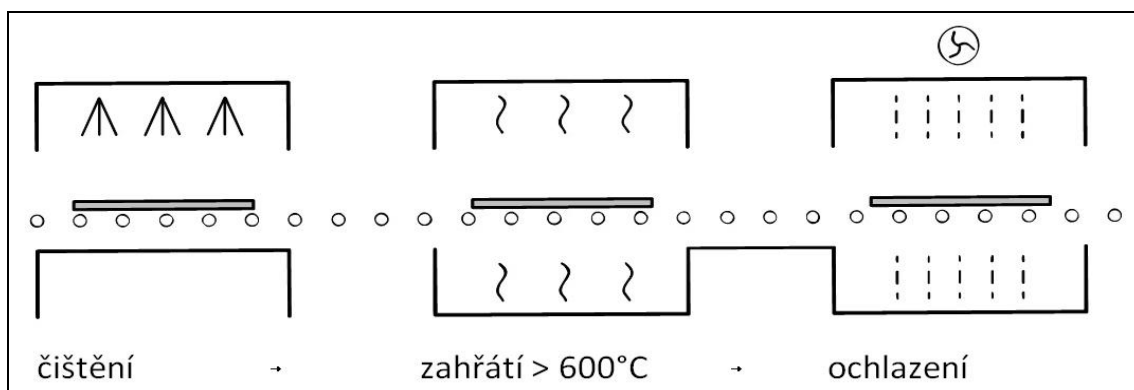
### 3.1.3 Čelní sklo

Opět pomocí diamantu jsou tabule nařezány již do finálního rozměru a tvaru. Pro oddělení zbytku skleněné tabule je použito hořáku, který ve skle vyvolá teplotní šok, ten má za následek prasknutí skla v místech, která jsou oslabena předchozím řezem pomocí diamantu. Skleněná tabule s již požadovaným tvarem se po krajích zabrousí kvůli zaoblení ostrých hran. Následně se tabule v několika fázích velice důkladně očistí a na její povrch se nanese vrstva zabraňující usazování nečistot. (4, 5)

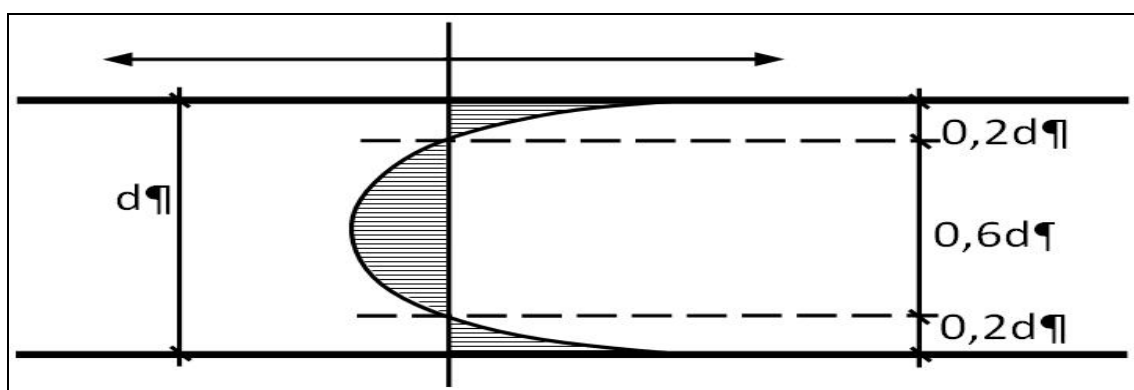
Dalším krokem je nanesení černé barvy na okraje skleněné tabule. Po nanesení barvy, která je vždy jen na jednom ze dvou skel, následuje proces tepelného zpracování. Tepelné zpracování je prováděno ze dvou důvodů. Prvním je zapečení černé barvy a její vytvrzení a druhým důvodem je vytvarování doposud rovné tabule do požadovaného tvaru. Tvarování podstupují společně vždy dvě tabule, kvůli přesnému přilehnutí. (4, 5)

Následuje tvrzení skla dle obrázku č. 5. Tento proces se nazývá temperování. Sklo se zahřeje na teplotu kolem 650 °C a potom se rychle ochladí proudem studeného vzduchu. Ten je ve stejnou chvíli rovnoměrně foukán na obě strany skla. Následkem toho vznikne v povrchové vrstvě skla tlak a ve vnitřní vrstvě tah (obr. č. 6). Tato napětí jsou ve vzájemné rovnováze. Napětí má parabolický průběh. Jeho úroveň v tlaku se pohybuje v rozmezí 90 – 140 MPa. To vede ke zvýšení požadovaných vlastností skla. Navíc nedochází k rozevírání a růstu trhlinek na povrchu, které bývají častými iniciátory poškození. Další velkou výhodou tepelně tvrzeného skla je, že lépe odolává lokálním teplotním rozdílům a to až do hodnot 150 °C (plavené sklo nevytvrzené odolává pouze rozdílům okolo 40 °C).

Výhodou také je, že při porušení skla dojde k náhlému úbytku energie po celé ploše skleněné tabule. V důsledku toho se tabule roztrhne na malé kousky skla bez ostrých hran. Dříve při užívání netvrzeného skla velice často docházelo k poranění posádky ve vozidle velkými a ostrými střepy. Snad jedinou nevýhodou tepelně tvrzeného skla je nulová zbytková únosnost rozbitých částí a nutnost vykonat všechny mechanické úpravy skla před jeho temperací. Jelikož do kaleného skla je velice obtížné vrtat nebo jej brousit či řezat. Za nevýhodu by bylo možné považovat i možnost spontánního kolapsu skleněných dílců při procesu temperování, který bývá způsoben vměstkou sulfidu niklu (NiS). Sulfid niklu ovlivňuje v průběhu temperování součinitel tepelné roztažnosti. Ten pak bývá větší, než součinitel roztažnosti skla a následkem toho může dojít k destrukci tabule. Přítomnost těchto nežádoucích vměstků se v dnešní době velice úspěšně eliminuje čistotou vsázky a kvalitním protavením. (13)



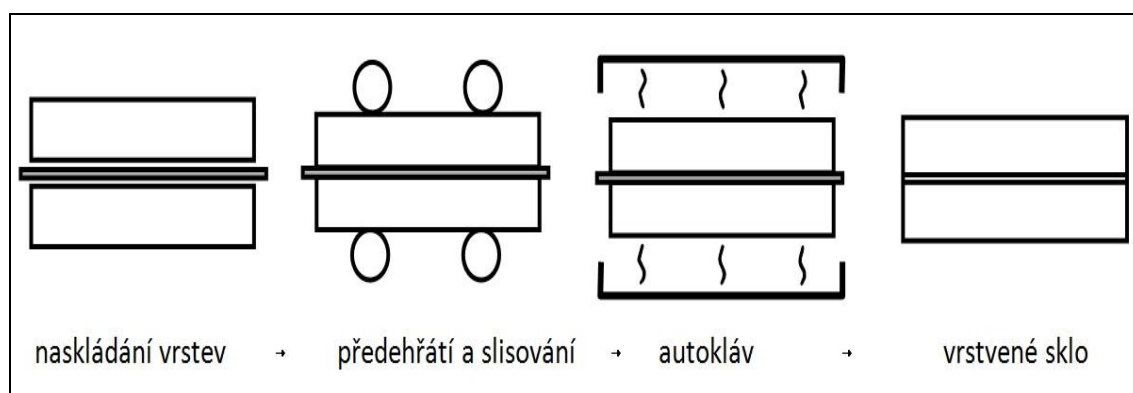
Obr. č. 5 – Proces kalení (13)



Obr. č. 6 – Napětí v temperovaném skle (13)

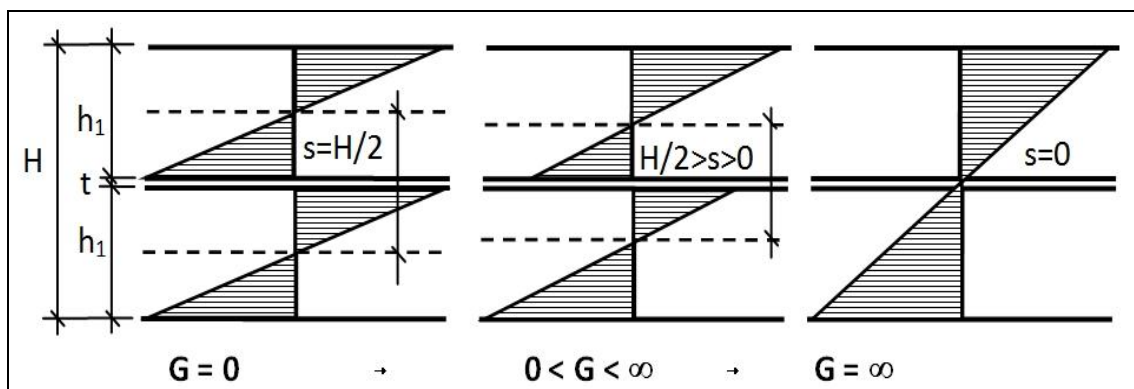
Dalším krokem ve výrobě (obr. č. 7) je aplikace folie mezi dva kusy skel (tyto dva kusy podstupují proces tepelného tvarování společně, aby bylo dosaženo jejich naprosto

shodného tvaru). Obvykle se na tuto vnitřní vrstvu používá fólie z polyvinylbutyralu (dále jen PVB). Největší výhodou vrstvených čelních skel je jejich zbytková únosnost po rozbití. Ta je dána tím, že roztržštěné úlomky skla zůstanou přichyceny na fólii. Vrstvené bezpečnostní sklo je tak do jisté míry i po porušení schopno přenášet zatížení, což při autonehodě zabráňuje jak vniknutí cizích těles do kabiny vozidla, tak opuštění kokpitu. Po vložení fólie je čelní sklo předehřáto na 70 °C a válci je vytlačen, pokud je to možno, všechen vzduch. Následuje fáze v autoklávu, kde je vrstvené čelní sklo vystaveno teplotě okolo 140 °C. Při této teplotě je fólie připečena ke sklu a tím pevně spojí obě tabule. Tato fáze probíhá za sníženého tlaku a tím je docíleno vytěsnění veškerého zbývajcího vzduchu. (4, 5, 13)



Obr. č. 7 – Aplikace PVB fólie (13)

Na chování vrstvených čelních autoskel při zatížení mají nejvýznamnější vliv materiálové charakteristiky použité PVB fólie, která spojuje jednotlivá skla, tak jak je znázorněno na obr. č. 8. Modul ve smyku PVB fólie, která je v současnosti nejrozšířenější, se mění s délkou trvání zatížení a s teplotou. Zvýšená teplota má za následek její „měknutí“, které mění hodnoty  $G$ . Na velikosti modulu ve smyku  $G$  polyvinylbutyralové fólie závisí průběh napětí od zatížení ve vrstveném bezpečnostním skle. Pro dlouhodobé zatížení je vliv  $G$  u vrstvených autoskel zanedbatelný. Při posouzení vlastností se tedy pouze sčítají tuhosti a pevnosti samostatných jednovrstvých tabulí. Tato varianta se týká stále častějšího výskytu panoramatických střech, kde může být sklo vystaveno trvalejšímu zatížení od mechanismů připevněných na střeše. Naopak pro krátkodobé zatížení, která jsou pro čelní skla typická (autonehoda, náraz předmětu do skla), lze se smykovým spojením počítat. Vliv modulu ve smyku  $G$  na celkovou únosnost vrstveného čelního skla při rázovém zatížení je v tomto případě velice významný. (4, 5, 13)



Obr. č. 8 – Vliv  $G$  na únosnost při zatížení (13)

PVB vrstva je před vložením mezi skla velice často různě upravována, například kvůli propustnosti UV záření. Také prvky pro vyhřívání a jiné doplňky, které bývají umístěny mezi skly a fólií, jsou aplikovány v tomto kroku výroby. Po procesu instalace středové fólie může být autosklo doplněno gumovými, plastovými, keramickými, kovovými nebo nejčastěji různě kombinovanými rámy. Kompletní sklo se vloží do formy s příslušnými částmi obvodového rámu a následným vstřikováním roztaveného plastu je výroba čelního skla završena. Rámy na skle jsou zhotovovány dle požadavků automobilek. V dnešní době však většina skel má alespoň na jednom okraji (horním nebo dolním) nějaký gumový prvek v podobě pásu, který například zabraňuje zatékání vody. Dříve byl obvod skla naprosto bez úprav a byl vsazován do gumového těsnění při montáži na vozidlo, dnes je tento způsob používán jen zřídka. V tomto stavu je sklo odesláno k výrobcí automobilů a následně vlepeno do karoserie. (4, 5, 13)

Typické vrstvené čelní sklo pro osobní automobily je tlusté 4 - 5 mm (2 - 1 - 2 mm poměr jednotlivých částí) a váží 12 - 13 kg. Jako zajímavost lze uvést, že čelní sklo LaFerrari, vyráběné v již výše zmíněných Hořovicích, má hmotnost 9,2 kg a tloušťku vnější skleněné tabule 1,8 mm a vnitřní 1,4 mm. (4, 5, 13)

Od mísení surovin až po nalepení na karoserii vozidla jsou čelní skla neustále kontrolována nejrůznějšími metodami. Již v peci se kontroluje teplota tání a atmosféra v peci. Následně je kontrolováno sklo kvůli případným vadám fotoelektrickým zařízením. Po vytvarování čelní sklo podléhá měření poloměru křivosti a rozměrů. Ve zkompletovaném stavu jsou skla podrobována rázovým zkouškám, jejichž průběh byl standardizován předpisem Evropské hospodářské komise a Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 43 a Americkou společností pro testování materiálů (ASTM). Specifické požadavky na čelní skla byly určeny také organizací SAE International. Autoskla musí splňovat požadavky

na chemickou odolnost, normy pro propustnost hluku a další. Taktéž se dá předpokládat, že výrobci automobilů provádějí navíc vlastní testy týkající se především bezpečnosti. (4, 5)

### **3.1.4 Druhy zkoušek prováděných na čelních sklech**

Některé ze zkoušek nařízených předpisem č. 43:

#### ***Optické vlastnosti***

Každé sklo podléhá testování svých optických vlastností (optické zkreslení a oddělení sekundárního obrazu). Míra optického zkreslení je zjišťována pomocí kruhové matice. Ta je promítána skrze zkoušené sklo a je měřena deformace (zkreslení) promítaných kroužků, její míra nesmí přesahovat povolený rozsah. Při zkoušce určující sekundární obraz odráží zkoušené sklo, které je v poloze svého reálného zasklení (úhel zasklení), druhotný obraz. Při této zkoušce se sleduje úhlové oddělení sekundárního obrazu promítané na kruhový terč. Oddělení obrazu je pro větší přesnost kontrolováno z velké vzdálenosti a nesmí převýšit stanovenou hodnotu. (16, 19)

#### ***Prostupnost světla a rozlišení barev***

Zkouška je prováděna na spektrofotometru a je při ní zjištěna prostupnost světla v oblasti fotopického (adaptovaného na světlo) vidění. Mezní hodnota činitele prostupu světla je pro čelní skla 75 %. Pro skla, která nejsou čelní, ale jsou důležitá pro výhled řidiče, je hodnota prostupnosti stanovena na 70 % (v zásadě boční skla v přední části vozidla). U ostatních skel na vozidle není hodnota stanovena. Tato hodnota nesmí být nižší. Zkouška je prováděna především na zbarvených sklech. Je to zkouška, při níž se skrze sklo sleduje především rozlišitelnost dopravních signálů. U těchto signálů nesmí kvůli bezpečnosti nastat žádné nejasnosti v rozlišení barev. (16, 19)

#### ***Kontrola propustnosti PČR***

Policie ČR po četných negativních zkušenostech s tónováním skel na vozidle, které bylo častou příčinou nehod s tragickými následky, zavedla opatření bránící porušování zákona týkající se této věci. Byly pořízeny přístroje (obr. č. 9) na kontrolu prostupnosti světla.



*Obr. č. 9 – Přístroj na měření prostupnosti světla používaný PČR (17)*

Pokud vozidlo nesplňuje parametry popsané v předešlé kapitole, je řidiči udělena pokuta. V extrémních případech může být vozidlo uznáno za provozu neschopné a odstaveno.

### ***Pevnostní vlastnosti čelních skel***

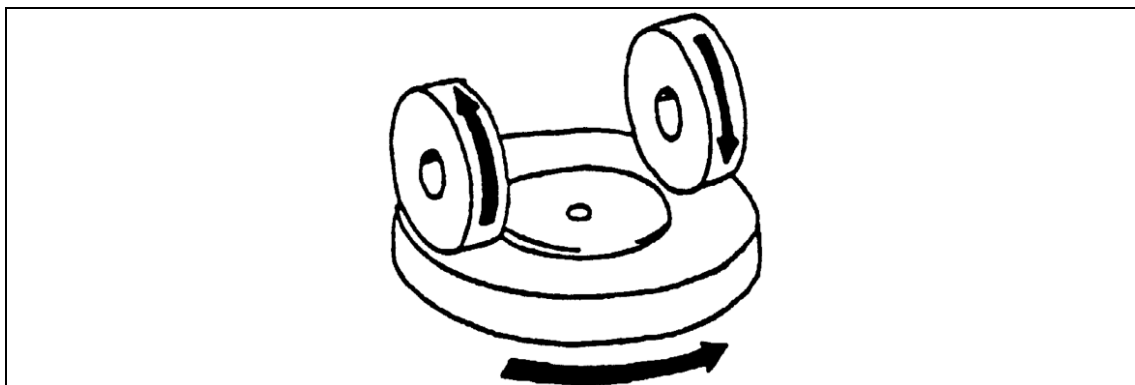
Pro určení mechanické pevnosti a odolnosti skel proti pronikání těles se používají testovací koule o hmotnosti 227 g (průměr 32 mm), 2 260 g (průměr 82 mm) a maketa hlavy o hmotnosti 10 000 g. Při této zkoušce je sledován náraz a následné pronikání zkušebního tělesa. Tělesa se nechají padat volným pádem z normovaných výšek na zkoušené sklo. (16, 19)

### ***Fragmentace***

Zkouška je prováděna nejen na hotovém čelním skle, ale i v průběhu výroby a to po kroku temperování, jelikož PVB fólie má na výsledek zkoušky významný vliv. Při zkoušce je zkoumán průběh rozpadu skla. Ten způsobí úder zkušebního kladiva o hmotnosti přibližně 75 g nebo jiný nástroj zajišťující rovnocenné výsledky. Poloměr zakřivení špičky musí být  $0,2 \pm 0,05$  mm. Střepiny a úlomky skla musí být co nejmenší a mít neostře hrany. Proto, aby riziko poranění bylo co možná nejvíce eliminováno. (16, 19)

### ***Odolnost vůči oděru (plus jeho vliv na bezpečnost)***

Zkouškou ověřuje odolnost skla proti oděru, ke kterému nejčastěji dochází při pohybu stěračů po skle. Tento vliv bývá často umocněn zachycením nečistot. Zkouška je prováděna pomocí pryžových kotoučků, na kterých je nanesený diamantový prach, a které po zkoušeném skle rotují dle přesně daných specifik. Po narušení skla nesmí kvůli bezpečnému výhledu úroveň rozptylu světla převyšovat hodnotu, která je stanovena. (16, 19)



*Obr. č. 10 – Přístroj zajišťující oděr dle předpisu č. 43 (19)*

### ***Vysoká teplota***

Vzorek skla je umístěn v klimatické komoře a to po dobu dvou hodin. Zde je zahříván na teplotu 100 °C. Po této zkoušce se na skle ani na fólii nesmí objevit žádné vady způsobené vysokou teplotou. (16, 19)

### ***Vlhkost a UV záření***

Čelní sklo je umístěno na dva týdny do klimatické komory s 95 % vlhkostí a proces je podpořen teplotou 50 °C. Vlivem vlhkosti nesmí vzniknout ve fólii vrstveného skla žádné bublinky ani žádné jiné vady. Co se týče vystavení čelního skla UV záření, nesmí vlivem předepsané dávky nastat u zkoušeného skla změna barvy nebo jiná vada fólie. (16, 19)

### ***Homologace***

Homologace je udělena sklu, pokud úspěšně absolvuje veškeré zkoušky, které jsou stanoveny **předpisem Evropské hospodářské komise a Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 43 – Jednotná ustanovení pro schválení typu bezpečnostních zasklívacích materiálů a jejich montáž ve vozidlech**. Homologované sklo musí vždy být označeno značkou výrobce skla a homologačním číslem. Nejen homologace je nezbytná



pro provoz, ale i dodržení postupu montáže výrobcem automobilů. Montáž upravuje také předpis č. 43.

Základním kritériem je, aby řidič měl dostatečný výhled z vozidla a to za všech okolností, které mohou v provozu nastat. Výhled musí být dobrý do všech směrů, nejen dopředu. O splnění kritérií bezpečnosti již bylo psáno, navíc však musí skla být ve vozidle upevněna tak, aby za normálních podmínek užívání zůstalo v základní poloze. (16, 19)

### ***Budoucnost autoskel***

Navzdory nedávnému poklesu výroby v automobilovém průmyslu, který byl úzce spjat s celosvětovou ekonomickou krizí, se výroba aut jako nejběžnějšímu prostředku rychlého přemístění osob, začíná opět výborně dařit. Z toho důvodu lze předpokládat, že automobilový průmysl se bude vyvíjet i nadále. S tím je naprosto spojen i vývoj autoskel, který kvůli neustále větší zasklené ploše na vozidle, musí inovovat autoskla a zlepšovat jejich vlastnosti. Větší plocha zasklení je nejčastěji spjata s požadavky aerodynamického tvaru a designu vozidla. Navíc v posledních letech se objevit trend tzv. skleněných střech, příklad vozu Peugeot s prosklenou střechou je na obrázku č. 11. Tento nárůst prosklené plochy má negativní dopad na klimatizační systémy a také na materiály použité v interiéru vozidla. Proto je dnešním trendem a pohledem do budoucnosti využití autoskel měnících míru prostupu světla, snižování prostupu UV záření a využívání čelního skla jako zobrazovací plochy pro nejrůznější údaje. V kombinaci s autonomním řízením by v budoucnu mohlo být čelní sklo v průběhu jízdy využito dokonce jako obrazovka pro zábavnou činnost.



*Obr. č. 11 – Prosklená panoramatická střecha (11)*

## 3.2 DĚLENÍ AUTOSKEL

Výhledová skla dělíme na čelní, boční, zadní a střešní. Boční dále pak na levá a pravá, stahovací a trojúhelníky a oboje pak na zadní a přední. Zadní pak na vyhřívaná a nevyhřívaná. Další dělení je například podle tónování, užití bezpečnostní fólie a další. Čelní skla můžeme rozdělit mnoha způsoby. Například na montovaná do gumy, lepená v karoserii, dle barevných odstínů aj.

### 3.2.1 Vsazená do gumy

Okrajové gumové těsnění slouží jako fixační prvek skla a také jako bezpečnostní prvek, který kryje ostré hrany skla. Montáž okrajové gumy je finančně nenáročná a oproti jiným metodám i rychlá. Další výhodou je možnost její výměny bez poškození čelního skla. Hlavní nevýhodou je omezená životnost těsnicí gumy a proto, jak již bylo zmíněno dříve, se čelní skla montované do gumy již příliš nevyskytují. Guma je použita pouze pokud se jedná o vozidla vyráběná na zvláštní přání zákazníků, jako jsou vozidla SUV nebo u užitkových vozidel (nákladní vozy, autobusy, stavební stroje, apod.). (4, 5)

### 3.2.2 S rámečkem

Skla s alespoň částečným postranním rámem (obr. č. 12), která jsou následně lepená do karoserie, se používají téměř u všech moderních vozidel, zdaleka však nejde o novou technologii, tímto způsobem byla montována skla již na vozy Ford Sierra a Scorpio. Lepidla, která se následně používají pro přilepení ke karoserii vozidla, jsou automobilkami pečlivě vybírána. Jde o fixátory na bázi polyuretanu s dobou tuhnutí 1 až 2 hodiny (při pokojové teplotě tj. zhruba 20°C). Na tato lepidla jsou ze strany výrobců automobilů kladeny vysoké nároky. Musí splňovat podmínku dlouhé životnosti, tepelné stálosti, chemické odolnosti, odolnosti proti UV a mnoho jiného. Proto jsou tato lepidla vyvíjeny přímo ve spolupráci s výrobcí autoskel. Fungují jako pojídlo mezi karoserií vozidla a sklem, případně rámečkem umístěným na skle.

Sada lepidla se skládá z aktivátoru (čistič), primeru (leptadlo) a samotného fixátoru (lepidlo neboli pojivo). Aktivátor slouží k dokonalému vyčištění plochy, na kterou bude později kladeno lepidlo. Primer je látka se schopností naleptat v mikroskopickém měřítku rámeček skla i očištěnou část karoserie určenou ke vlepení skla. Po zaschnutí primeru vznikne na obou součástech určených k lepení plocha určená k nanesení pojiva. Pojivo se nanáší na sklo (99 % případů), ale je možné ho aplikovat i na karoserii. Samotné pojivo (lepidlo)

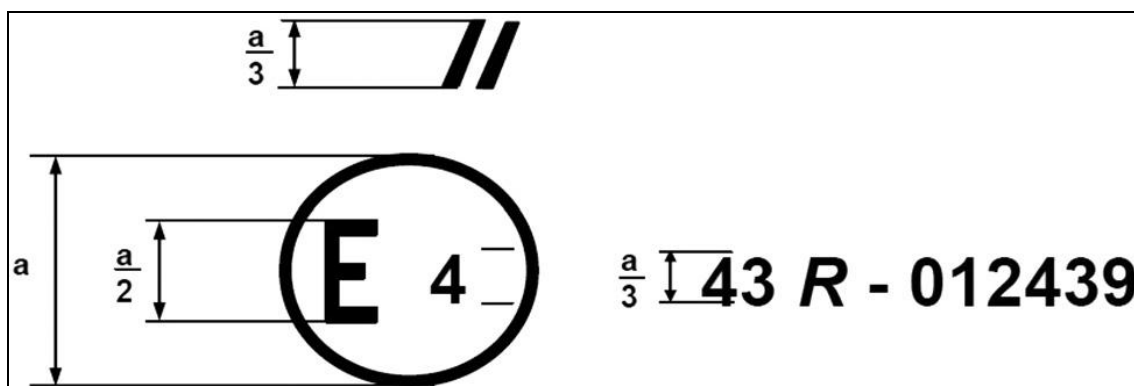
bývá dvousložkové nebo jednosložkové při použití v prvomontáži a jednosložkové v opravárenské činnosti (snadnější manipulace). Při dodržení technologického postupu je fixace prakticky trvalá. (4, 5)



Obr. č. 12 – Průřez skla zasazeného v rámečku

### 3.2.3 Značení skel od výrobce

Značení podle předpisu č. 43:



Obr. č. 13 – Homologační značení na autosklech dle předpisu č. 43 (19)

„ $a$  = nejméně 8 mm

Výše uvedená značka schválení umístěná na normální vrstvené čelní sklo označuje, že dotyčná konstrukční část byla schválena v Nizozemsku (E 4) podle předpisu č. 43 pod číslem schválení 012439. Číslo schválení typu udává, že schválení bylo uděleno v souladu s požadavky předpisu č. 43 ve znění série změn 01.“ (19, s. 30)



Obr. č. 14 – Příklady značení čelních skel automobilů – silně zvýrazněno povinné značení, tence doplňkové nepovinné

Zbylé značení je individuální. Výrobci jej uvádějí ze své vlastní vůle (reklama, informace o výbavě, atd.) nebo také kvůli požadavkům výrobců automobilů a předpisům jednotlivých států, ve kterých má být model prodáván. Ve značení se mohou objevovat nejrůznější informace v podobě loga, nebo písemného značení a to například datum výroby, označení modelu vozidla, nejrůznější označení prvků výbavy čelního skla atd.

### 3.2.4 Dodatečné značení

V dnešní době je stále častějším ochranným prvkem proti odcizení vozidla označení skel. Provádí se buď metodou pískování, nebo leptání. Spočívá v označení skel vozidla VIN číslem (obr. č. 15 a 16) nebo jiným specifickým kódem. Pokud je automobil odcizen, musí lupič vyměnit všechna skla, která jsou takto označena za nová. Tato operace je samozřejmě nejen finančně, ale i časově náročná a tak snižuje pravděpodobnost odcizení takto zabezpečeného vozidla.



*Obr. č. 15 – Označení bočního skla pomocí VIN kódu*



*Obr. č. 16 – Označení čelního skla pomocí VIN kódu v místech, kde bývá VIN pod čelním sklem (stejný bezpečnostní efekt)*

### **3.3 VÝBAVA ČELNÍCH SKEL**

Všeobecně lze výbavu čelních skel dělit do těchto kategorií: zabarvení (tónování), vyhřívání, akustická folie, senzory, antény a projekce na čelním skle.

### 3.3.1 Zabarvení (tónování) čelních autoskel

Tato technologie potlačuje světelnou energii, utlumuje UV záření, snižuje přenos světla, odráží světelnou energii, zvyšuje stínící koeficient a absorbuje tepelnou a světelnou energii slunečního záření. Čelní sklo se skládá ze dvou skel, buď čirých, nebo zabarvených s bezpečnostní plastovou fólií, která je uprostřed. Celkové zabarvení čelního skla určuje barva skleněné části a barva plastové fólie určuje zabarvení protislunečního ochranného pruhu. Autoskla jsou většinou zabarvována z důvodů zlepšení komfortu, snížení teploty ve vozidle a ochrany očí řidiče. To vše je podmíněno zachováním výhledu z vozidla a to i při umělém osvětlení. Zabarvení autoskel se provádí v odstínech modré, zelené nebo bronzové. (4, 5)

Zvláštní skupinu zabarvených čelních skel tvoří takzvané „sungate“. Tato skla mají samozabarvovací vrstvu, která reaguje na intenzitu slunečního záření tak, že ztmavne. Tyto skla pohledově vykazují fialový odstín. (4, 5)

Další technologií tónování čelních skel je metoda pokovením. Tato metoda více souvisí spíše s nalepováním fólií, jelikož se týká již hotového skla. Výše uvedených metod zabarvení se naopak dosahovalo pomocí technologických postupů již při výrobě čelního skla. Základem metody pokovení je nanášení mikroskopické vrstvy titanu na vnitřní stranu autoskla. To probíhá ve speciální vakuové peci iontoplazmovým procesem. Vše se děje v atmosféře ze vzácných plynů. Tímto pokovením se dá dosáhnout maximální účinnosti v zamezení pronikání slunečního záření. Takto tónovaná autoskla pohltnou přes 90 % škodlivého UV záření a dokáží odrazit až 60 % tepelného záření. Výhodou oproti užití klasické fólie je lepší výhled, než při použití fólie se stejným stupněm tónování. Toto tónování nemění deformační vlastnosti autoskel a neovlivňuje výhled z interiéru vozu. Pokovení lze odstranit a tím vrátit sklo do původního stavu. Toto tónování nemění vlivem času vlastnosti. (4, 5)

### 3.3.2 Protisluneční pruh

Na většině čelních autoskel je dnes navíc barevný pruh v horní části skla (protisluneční pruh), který je vyobrazen na obrázku č. 17. Ten je dalším bezpečnostním a komfortním prvkem. Jde o prvek, který snižuje teplotu ve vozidle a chrání oči řidiče před prudkým sluncem. Protisluneční pruhy bývají zabarvené do modra a do zelena. Novinkou je pruh šedý, který plní stejnou funkci jako pruhy modré a zelené, ale na rozdíl od nich je z předních sedadel vozu téměř nepostřehnutelný a nesnižuje tedy výhled řidiče z vozu. (4, 5)





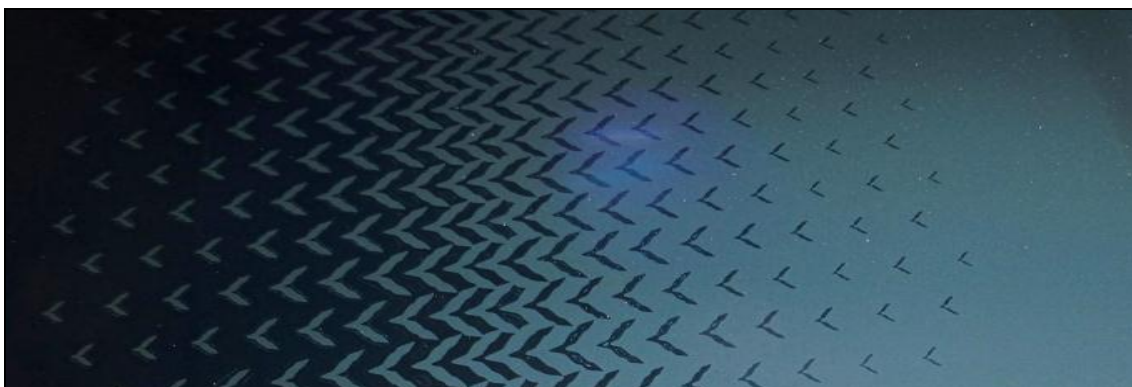
*Obr. č. 17 – Protisluneční pruh*

### **3.3.3 Černý pás na okraji**

V kapitole 3.1.3 Čelní sklo bylo psáno o černém pruhu nanášeném na okraj jedné ze dvou skleněných tabulí. Tento pruh má na skle dvě funkce. První je ochrana nejen lepidla, ale i dílů, které pás kryje před UV zářením. Druhá funkce je estetická. Zajímavostí je, že drobné černé tečky, které je možné vidět při detailnějším zkoumání černého pásu, mají dvě funkce.

1) Estetickou funkci, kterou například Corvette pozvedla na vyšší úroveň tím, že s teček udělala své logo (obr. č. 18).

2) Funkci technickou, která spočívá ve faktu, že při nahřívání skel se černý pás otepluje podstatně rychleji než zbytek skla. Černé tečky tvoří přechod, který zabraňuje praskání skla v důsledku teplotního rozdílu v černé a průhledné části.



*Obr. č. 18 – Esteticky provedený přechod černého pásu*

### 3.3.4 Senzory na autosklech

Senzory řadíme mezi prvek mimořádné výbavy, který má nejen zvýšit komfort řidiče, ale také bezpečnost. Toho dosahuje tím, že supluje některé úkony řidiče, které jsou potřebné provádět k zajištění bezpečného provozu vozidla na pozemních komunikacích. Mezi suplované úkony patří například otírání vodní clony na čelním skle, rozsvěcení reflektorů při nižší viditelnosti. Někteří výrobci díky informacím z dešťového senzoru nastavují také zavírání oken, aby nedošlo k vniknutí vody do interiéru. Tato funkce není příliš využívána a tak ji většina výrobců u svých vozů neposkytuje.

Senzory jsou obvykle umístěny v těsné blízkosti vnitřního zpětného zrcátka nebo přímo pod ním, kvůli designu a výhledu z vozidla. Senzory bývají spojeny se sklem pomocí gelu nebo jsou přímo součástí čelního skla již z výroby. Senzory nejsou jakkoliv mechanicky namáhány ani samy žádnou mechanickou činnost neprovádí. Tím pádem není sklo ani jeho životnost jejich instalací jakkoliv ovlivněno.

Senzor pro detekci deště (obr. č. 19) je tvořen dvěma diodami. Ty jsou umístěné přímo na vnitřním povrchu čelního skla obvykle pod zpětným zrcátkem, jak již bylo zmíněno. Jedná se o LED a fotodiodu. Jejich funkce je následovná. LED dioda (zdroj) vyzařuje světelný paprsek (nejčastěji v infračerveném spektru). Jeho dopad na čelní sklo je rovnoměrný. Pokud nastane situace, že se na skle objeví kapky vody, začne se paprsek částečně lámat, čímž do fotodiody (přijímače) dopadá jiné množství vyzářeného infračerveného záření, než bylo emitováno. To je signál pro řídicí jednotku, která následně spustí stěrače. (4, 5, 14)



Obr. č. 19 – Senzor deště skrytý pod uchycením zpětného zrcátka (Ford Focus)



### 3.3.5 Antény na autosklech

Antény, které jsou součástí čelních skel, lze v zásadě rozdělit na dva druhy. Jeden druh jsou antény na zachycení radiového nebo televizního signálu a druhým druhem jsou GPS antény. Ve většině případů jsou výrobci autoskla montovány jako jedna mechanická komponenta, která v sobě obsahuje oba zmíněné druhy. (4, 5)

### 3.3.6 Vyhřívání čelních autoskel

Tato technologie je používána především na sklech vozů vyšších tříd. Pouze vozy značky Ford, která s touto technologií začala, nabízí tuto výbavu ve většině vozidel. Jde o výbavu, kterou uživatelé vozů ocení v zimních měsících. Technologie vyhřívání čelního skla je provedením odlišná od technologie používané při vyhřívání zadních skel. U zadních autoskel jsou vodiče elektrického ohřevu jasně patrné a velice robustní. To poskytuje výhodu v tom smyslu, že závisí pouze na uvážení řidiče, jak dlouho bude funkci používat bez nebezpečí poškození výhřevu nebo skla a je tedy možné rozmrazovat libovolně silnou vrstvu námrazy. U některých vozů je vyhřívání zadního skla omezeno časovým spínačem s ekonomických důvodů. V případě čelního skla jsou vodiče elektrického ohřevu podstatně hustší, ale také podstatně slabší tak jak je zřetelné na obrázku č. 20. Příčinou takového řešení je povinnost výrobce zajistit uživateli vozu bezpečný výhled z vozidla. Malá robustnost vodiče způsobuje problém, kterým je nižší přechodový odpor využitelný pro nahřívání čelního skla. Výrobci řeší tento problém dvěma způsoby. Ve starších typech vozidel je doba výhřevu čelního skla limitována časovým spínačem a v novějších vozidlech tepelným senzorem. To zabezpečuje ohřev vodičů (následně celého skla) pouze na bezpečnou mez. Je tak zabráněno jejich poškození, ke kterému by mohlo kvůli jejich tloušťce dojít. Proto představa, že vyhřívání čelního skla roztaje větší vrstvu námrazy, bývá mylná. Výhřev čelního skla pouze vytvoří mikroskopickou vrstvu vody mezi sklem a námrazou. Tu je pak možné ručně nebo za pomoci stěračů odstranit. (4, 5)

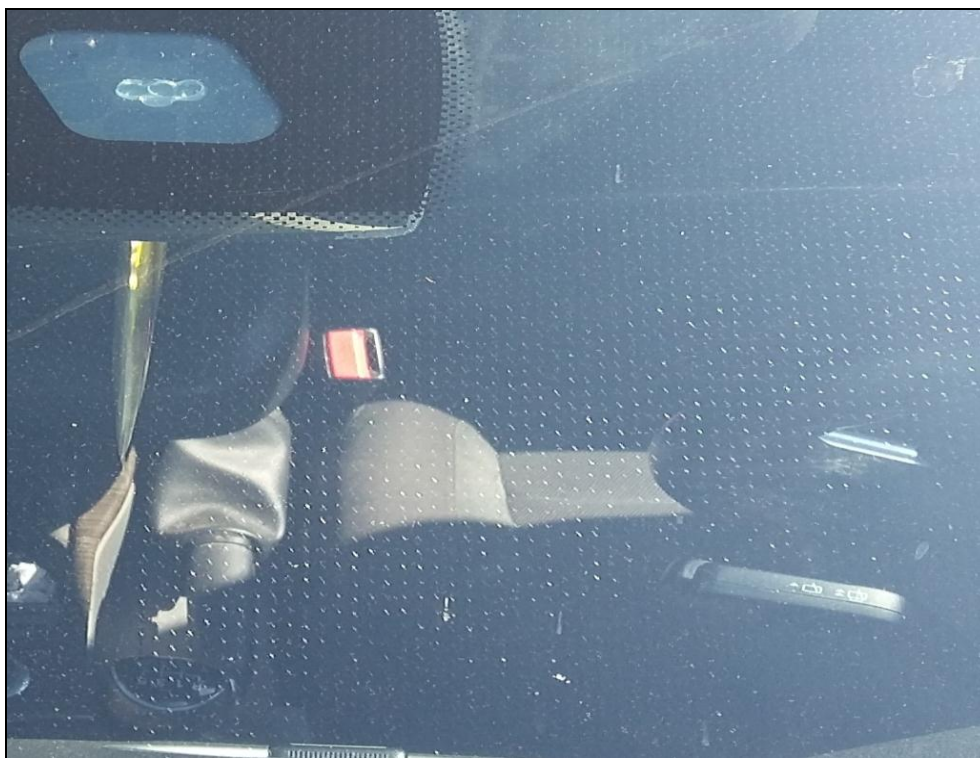


*Obr. č. 20 – Vodiče výhřevu čelního skla (Ford Focus)*

Vyrábí se čelní skla s vyhříváním v místě klidové polohy stěračů, které se nachází u osobních vozidel na dolním okraji skla. Toto místo se nachází v prostoru, který není určen k výhledu řidiče. Výrobci proto mohou použít stejnou technologii jako na zadních sklech. Účelem je odmražení stěračů od skla.

### ***Budoucnost vyhřevu***

I když je přítomnost drobných vodičů v čelním skle legislativně povolena, většina uživatelů se shoduje na jeho nedokonalosti. Důvodem je, že i ty nejmodernější provedení při noční jízdě rozptylují paprsky světla od aut jedoucích v protisměru a ze dvou relativně malých kuželů dělají větší. Pokud aut jede víc, výhled ven je citelně zhoršený, to samé se děje v létě při večerní jízdě proti slunci. Výrobci čelních skel ve spolupráci s automobilkami proto vyvinuli metodu, která nahrazuje viditelné vodiče zachycené na obrázku č. 21. Mezi skleněnou a plastovou vrstvou nanесou vysoce vodivou, ovšem lidským okem nepostřehnutelnou vrstvu stříbra. Ta při výkonu 400 až 500 *Wattů* sklo odmlží či odmrazí stejně rychle a efektivně jako drobné vodivé dráty. Tato technologie má i další výhody a to takové, že nepropustí až 60 % tepelného záření ze slunce a zajistí až o 15 % nižší teplotu uvnitř vozu po delším stání než při použití tónovaných skel. (10)



*Obr. č. 21 – Viditelnost vodičů vyhřevu za specifických světelných podmínek*

### 3.3.7 Akustická folie

Jde o technologii, která přináší cestujícím ve vozidle větší komfort a to snížením hluku v kabině. Tohoto efektu je dosaženo odlišnou strukturou bezpečnostní folie umístěné mezi vrstvy skla. Akustická bezpečnostní folie dokáže pohltit až 20% okolního hluku, který jinak vniká do kabiny čelním sklem, při použití klasické fólie. Jde tedy o výbavu v tomto směru velmi účinnou. Snaha zmírnit pronikání okolního hluku do kabiny přes skla byla v dřívějších dobách obtížná na dosažení, vzhledem k použití běžných materiálů a konvenční metody. Proto se to týkalo pouze naprosto luxusních provedení vozů. Některé Mercedesy řady S nebo vozy značky Bentley měly třívrstvá lepená přední a zadní skla a dvouvrstvá vakuovaná boční skla. Tímto znásobením klasického konceptu sice došlo k zamýšlenému efektu, ale toto provedení neúměrně vůz prodražovalo (kromě skel bylo třeba montovat i zcela odlišné rámy dveří a stahovací mechanismy oken). Navíc došlo i k zvýšení hmotnosti vozidel a k dlouhým dodacím lhůtám při výměně těchto skel. U uvedených značek nebyly tyto úpravy s ohledem na finance prioritou, ale pro výrobu běžných vozidel bylo toto řešení neekonomické a nebylo jej možné používat v masovém měřítku. V případě nově vyvinuté akustické folie jde o finančně i technologicky přijatelné řešení. Výhledově proto můžeme očekávat, že se tento nový druh fólie začne objevovat u vozidel středních a vyšších tříd. (4, 5)

### 3.3.8 Zpětná projekce na čelním autoskle neboli display ve výšce hlavy

V českém jazyce zatím není pro tuto výbavu ustálený překlad. Název vychází z anglického výrazu používaného výrobcem „head up display“, který je zkracován na HUD (obr. č. 22). Někdy je tato výbava v českém jazyce překládána jako snímání obrazu apod. Jak vyplývá z anglického názvu, jedná se o zobrazování údajů na čelním skle. Přístroje zabudované v palubní desce promítají informace na čelní sklo automobilu tak, aby tento obraz nebránil řidiči ve výhledu, ale současně aby řidič nebyl nucen přenášet svoji pozornost na display palubních přístrojů a následně zpět na vozovku. Například při sledování tachometru v místech s omezenou rychlostí provozu. Řidič při užití této technologie může periferně sledovat bez velké námahy jak vozovku, tak informace promítané na čelní sklo. Způsob, kterým se dosahuje tohoto zobrazení, spočívá ve speciálně upravené bezpečnostní fólii v místech, kam se přenáší odraz obrazu palubních přístrojů. (4, 5)



*Obr. č. 22 – Mercedes Head Up Display (12)*

### 3.4 POSTUP ZASKLÍVÁNÍ

Připraví se čelní sklo, které je přiřazeno konkrétnímu vozidlu a to nejen podle modelu, ale i podle prvků výbavy na skle, které odpovídají specifikaci konkrétního vozu. Toto sklo je velice pečlivě zkontrolováno. Pokud jsou na něm nalezeny jakékoliv vady (oděrky, důlky, praskliny) je ihned nahrazeno bezchybným. Po této kontrole bývá dnes zpravidla každé čelní sklo opatřeno VIN kódem vozidla, ten je na sklo naleptán a po této operaci je sklo ještě jednou zkontrolováno. Následně je na sklo nanесeno lepidlo.

O vlastnostech lepidla již bylo psáno v **kapitole 3.2.2**. Ještě je potřeba zmínit, že lepidla mají tzv. quick-fix efekt. Tento efekt způsobuje, že sklo po nalepení do karoserie není třeba jakkoliv dodatečně fixovat. Tím je urychlen proces kompletizace vozu. Jakmile je lepidlo nanесeno na sklo (roboticky), dojde automaticky k přemístění na panel. Zde sklo převezmou pracovníci, kteří zajistí jeho správné usazení do karoserie vozidla. To se provádí pomocí ručních přísavek. Pro lepší manipulaci, významné zrychlení procesu a kvalitnější usazení tento úkon provádějí dva pracovníci. Ti sklo ručně dotlačí, zajistí, aby sklo lícovalo, a provedou kontrolu spár. Pro přesné dodržení rozměrů spár ve všech částech skla bývají užívány distanční přípravky. V dnešní době se i usazování skla začíná v továrnách robotizovat.



*Obr. č. 23 – Umístění čelního skla pracovníky montážní linky*

### **3.4.1 Chyby zasklívání**

Mezi nejčastější chyby při montáži čelních skel a to především v opravárenské praxi patří kombinace výrobků. Pokud je užito lepidel, primerů a čističů od různých výrobců, často dochází k chemické nekompatibilitě. Ta způsobí například sníženou adhezi nebo kratší životnost spojení.

Nedodržení technologických časů bývá problém především u neproškolených techniků. Nejčastěji spočívá v nedodržení časů potřebných pro odvětrání primerů a čističů. Někdy též dojde ke zkrácení doby nutné pro dokonalé ztuhnutí lepidla, to může způsobit pohyb skla v karoserii.

Problémy může způsobit taktéž nevhodně zvolené lepidlo například se špatným modulem pružnosti.

Špatné skladování lepidel má často za následek jejich znehodnocení. Nejčastějšími příčinami jsou vyšší vlhkost a rozdílná teplota, než udává skladovací list. Skladovací list je vždy výrobcem lepidel dodáván k danému materiálu a měl by být dodržen, zvláště jedná-li se o dlouhodobější skladování.



### 3.4.2 Postup při výměně

#### *Zasazování do gumy*

Prvním krokem je demontáž všech přilehlých dílů tak, aby byl umožněn přístup ke karoserii po celém obvodu čelního skla. Následuje demontáž skla, při níž je třeba uvolnit tu část těsnicí gumy, která přesahuje přes zapertlovaný okraj určený k fixaci skla. Tato část demontáže je prováděna z interiéru vozidla a je doprovázena tlakem, který vyvíjí pracovník taktéž z interiéru. Po vyjmutí poškozeného skla je třeba provést důkladné očištění. Karoserie musí být dokonale zbavena veškerých nečistot a rzi. Po očištění je karoserie zkontrolována a případné nedostatky, které by znemožňovaly montáž nebo bezchybnou funkci nového skla, jsou opraveny.

Následně se nové čelní sklo nasadí do drážky, která je k tomu na nové gumě určená. Poté se do gumy nasadí provaz a to do drážky číslo dvě, která je určená k usazení do pertlované části. Těsně před samotnou instalací se guma i provaz namažou olejem speciálně určeným pro tuto operaci. Olej usnadňuje usazení a po určité době je těsnicí gumou vsáknut. Dalším krokem je již samotné usazení skla do karoserie. To je provedeno souběžným vytahováním provazu do interiéru vozidla a vyvíjením tlaku na čelní sklo z venkovní strany v místech, kde je aktuálně vytahován provaz. Tím je guma přetažena přes pertl a zafixována tak v karoserii. Pokud je mezi gumou a karoserií volný prostor, je třeba ho vytěsnit rázem.

#### *Lepení čelních skel*

Výměna nalepeného čelního skla začíná demontáží vnějších dílů na vozidle, které by bránily jeho vyjmutí z karoserie (obr. č. 24).



*Obr. č. 24 – Zpřístupnění skla*

Šikovný technik ve většině případů nepotřebuje demontovat žádné části interiéru vozidla. Výjimku tvoří vozidla s výbavou čelního skla, která má elektrické konektory (výchřev, senzory, antény aj.), jelikož ty jsou vždy s estetických důvodů ukryty pod částmi interiéru. Následuje prořezání lepidla mezi sklem a karoserií. To se provádí nejrůznějšími nástroji (obr. č. 25), často navíc individuálně upravenými tak, aby vyhovovaly technikovi při práci.



*Obr. č. 25 – Nástroje pro prořezání a práce s nimi (v horní části obrázku prořezávací nástroj a jeho použití, obdobně je ve spodní části vyobrazen řezný drát)*

Po vyjmutí čelního skla je třeba odstranit staré lepidlo z karoserie (obr. č. 26) a pokud je to potřeba kontaktní plochu také zbavit rzi.



*Obr. č. 26 – Čištění kontaktní plochy*

Následně je karoserie i nové čelní sklo ošetřeno aktivátorem a je nanesen primer. Po vyschnutí primeru se na čelní sklo nanese vrstva lepidla (obr. č. 27).



*Obr. č. 27 – Aplikace primeru a lepidla*

Sklo je následně za pomoci přísavek umístěno do karoserie (obr. č. 28) a zafixováno lepicí páskou, která zabraňuje poklesnutí skla po dobu tuhnutí lepidla.



*Obr. č. 28 – Umístění a zafixování v karoserii*

V závěrečné fázi je sklo zkontrolováno a jsou zpět namontovány díly, které byly nutné na začátku demontovat.



## 4 POŠKOZENÍ ČELNÍCH SKEL

Neustále se zvětšující četnost pojistných událostí, týkajících se čelních skel vozidel v kombinaci s rostoucí cenou tohoto prvku vozidla, byla příčinou vytvoření této diplomové práce. Neucelený systém hodnocení poškození dal vzniknout požadavku na vytvoření přehledu stop, které dokáží pomoci odhalit pojistný podvod týkající se poškození čelního skla automobilu a to i pracovníkem, jehož technické vědomosti jsou na základní úrovni.

Tato a další kapitola umožní pracovníkům pojišťovny posoudit skutečné příčiny vzniku škodní události a to s minimem podkladů, v co nejkratším čase a bez podrobného zkoumání. Navíc bez závislosti na tvrzení účastníků škodní události.

Zcela jistě nebude nikdy dosaženo bezchybného posouzení všech škodních událostí, tato práce má však za cíl co nejvíce zlepšit dosavadní stav. Při nynějším počtu škodních událostí, týkajících se čelních skel motorových vozidel, je každé zlepšení byt' jen o jediné procento úspěchem, majícím za následek ušetření nemalých finančních prostředků.

**Poškození čelních skel lze rozdělit do několika skupin: poškrábání, bodové poškození tzv. „tukanec“ (běžně používaný výraz v opravárenství autoskel), prasknutí a rozbití.**

Největší pozornost je nutné věnovat kategorii prasknutí a bodového poškození, jehož typické příklady jsou zdokumentovány na obr. č 29 až 33. U ostatních kategorií totiž poškozená osoba dost dobře nemůže vymáhat pojistné plnění po pojišťovně. Jelikož neúmyslné cizí zavinění většinou nezpůsobuje jiný druh poškození.

### 4.1 VZNIK POŠKOZENÍ

Všeobecně může dojít k poškození čelního skla nejrozumnějšími způsoby. Od srážky se zvěří až po poškození v důsledku neopatrné či neodborné demontáže sousedních dílů v autoservise. Zde si však popíšeme nejběžnější situace, při kterých dochází k poškození a mají souvislost s pojišťovnami.

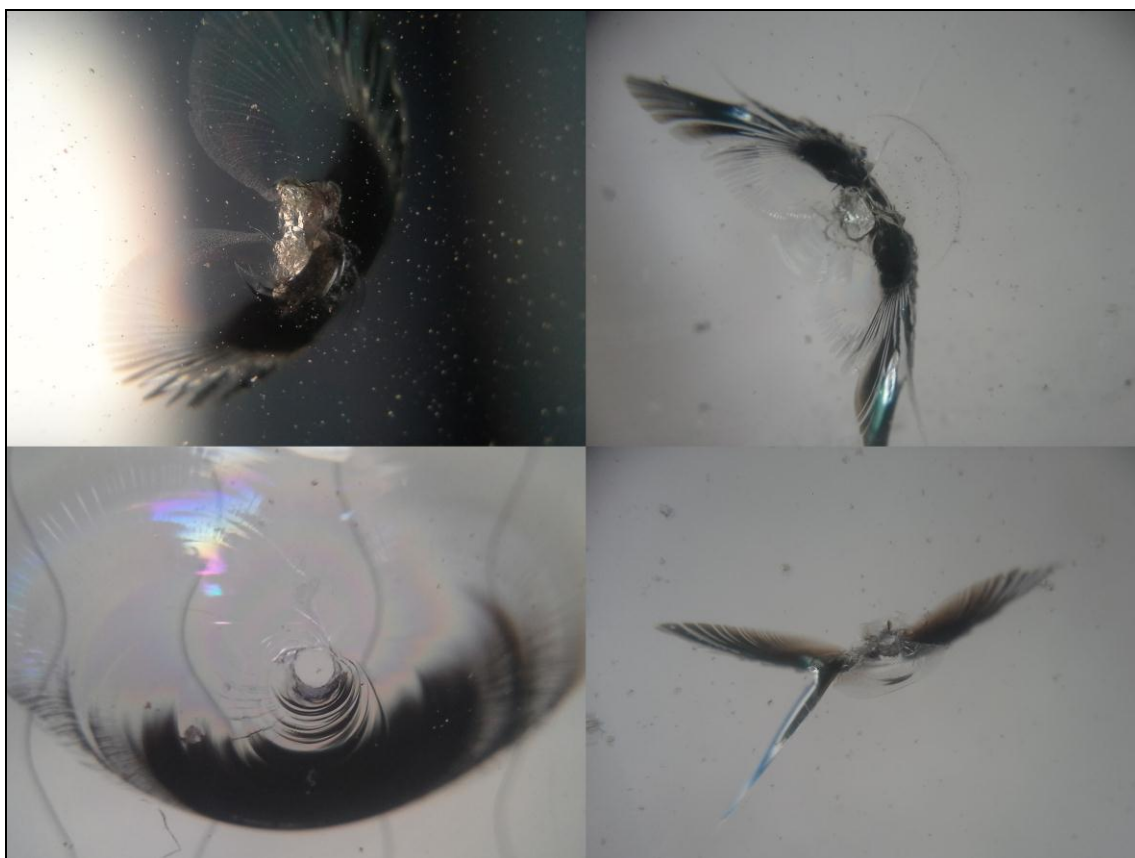
#### 4.1.1 Vznik bodového poškození

Nejtypičtějším modelem situace, při které bodové poškození „tukanec“ vznikají, je tento: Řidič poškozeného vozidla v úseku se znečištěnou vozovkou nezvětší dostatečně svůj odstup od auta jedoucího před ním. Z pneumatiky prvního vozidla odletí kus například posypového materiálu a poškodí čelní sklo za ním jedoucího vozidla. Řidič poškozeného

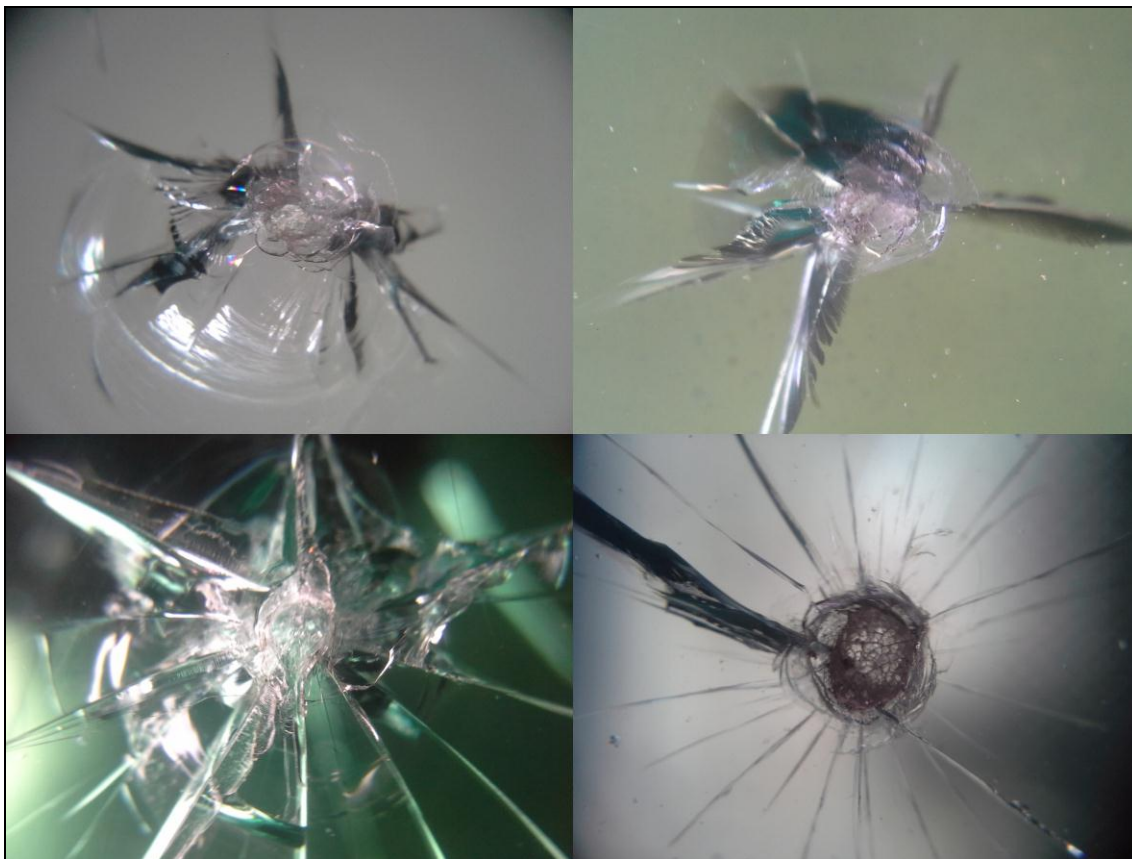
vozidla si problému všimne, řidiče, který mu poškození způsobil, dojde a světelnou nebo zvukovou signalizací ho přiměje, aby zastavil. Škodní událost nahlásí na pojišťovnu. Pokud si však řidič poškozeného vozidla ihned nevšimne, že k poškození došlo nebo poškození vznikne jiným způsobem, například při sečení trávy, často dochází ke snaze zkreslit informace o vzniku tak, aby nárok na pojistné plnění vznikl. Tato snaha samozřejmě není ničím jiným než snahou o pojistný podvod.

Další, a to zřejmě nejběžnější situací (co se týče pojistných podvodů), je nevěnování pozornosti poškození až do doby, kdy se bodové poškození stane iniciátorem lomu a dojde ke vzniku praskliny. V této situaci má také plnou zodpovědnost majitel poškozeného vozu, jelikož při včasném řešení je přibližně 80 % pravděpodobnost (pokud není ve výhledové oblasti skla), že by šlo bodové poškození opravit metodou scelování, čímž by bylo zamezeno dalšímu šíření trhliny.

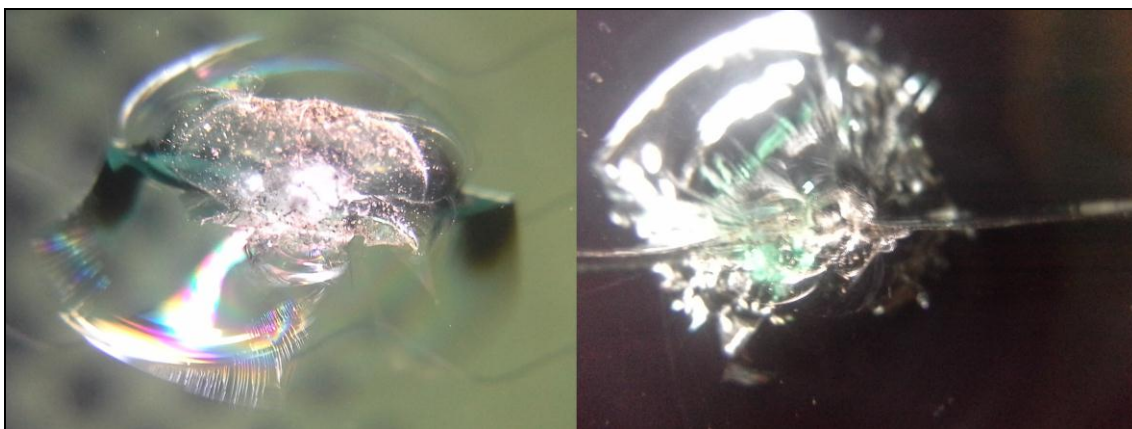
Mezi další varianty patří vznik poškození při předjíždění vozidel nebo dosažení takové rychlosti, že se již dříve zachycený předmět v dezénu pneumatiky uvolní.



*Obr. č. 29 – Ukázka bodových poškození (slangově včelí křídla)*



*Obr. č. 30 – Ukázka bodových poškození (slangově hvězdice)*



*Obr. č. 31 – Ukázka bodových poškození (slangově tříštivé poškození)*



*Obr. č. 32 - Ukázka bodových poškození (slangově tříštivé poškození)*



*Obr. č. 33 – Ukázka bodových poškození (slangově kravské oko)*



#### 4.1.2 Vznik poškrábání

Toto poškození je nejčastěji spjato s funkcí stěračů. Jak příčiny, tak následky jsou různé. Velice často dochází k poškození při hrubém nedodržení intervalu výměny stěrače, kdy nejen že stírací část gumy přestane plnit svou funkci, ale i nosná část gumového bříty steří natolik, že dojde ke kontaktu kovové výztuhy se sklem. To má následek v podobě drobných oděrek na skle, které při jízdě proti slunci mohou značně zhoršovat viditelnost.



*Obr. č. 34 – Jemné poškrábání skla od stěrače*

### 4.1.3 Totální rozbití (poškození)

Pokud je čelní sklo poškozeno takovým způsobem, že jsou významně popraskány obě skleněné tabule, natržena PVB fólie, lokálně změněn průhyb nebo je sklo mimo své požadované umístění v karoserii, nelze toto poškození označit jinak, než-li totálním obr. č. 35. Tyto případy nastávají většinou při dopravní nehodě s jiným účastníkem provozu, sražení zvíře, osob, velkých předmětů (větve stromů, uvolněný náklad jiného vozidla apod.) nebo sražení například dopravního značení. Příčina je vždy jasná a není možné, aby si tohoto poškození řidič nevšimnul.



*Obr. č. 35 – Totální poškození čelního skla*

#### 4.1.4 Popraskání čelního skla

Popraskání čelního skla jako takové velice úzce souvisí s bodovými poškozeními, které jsou koncentrátory napětí. Tomuto se podrobněji věnuje kapitola o bodových poškozeních (tzv. tūkancích). Jsou však i jiné způsoby, jak k popraskání může dojít. Tyto způsoby hrají významnou roli v pojišťovacích podvodech, jelikož je majitel vozidla často označuje za vzniklé následkem bodového poškození, které následně sám úmyslně vytvoří, aby mohl tvrdit, že prasklina vznikla v důsledku bodového poškození a to že bylo způsobeno cizím zaviněním.

- 1) Zkroucením karoserie.** Pokud dojde k nehodě či významnému narušení tuhosti karoserie, například značnou korozi či lokálním požárem, může ve skle vznikat napětí, způsobené zkroucením karoserie. To má za následek, že při některém z rázů, které za provozu vozidlo běžně absorbuje (výtluky na vozovce, kontakt s obrubníkem, naložení nákladu), vzroste mez napětí nad kritickou hodnotu a dojde k rozrušení (prasknutí) materiálu. Jsou evidovány ojedinělé případy, kdy i u nových vozidel (nejspíše špatně vyrobených) docházelo k praskání skel vlivem pohybu karoserie.
- 2) Teplotní šok.** Téměř vždy při požáru elektroinstalace či jiné součásti vozidla v blízkosti skla dojde při hašení požáru k jeho popraskání. Je to způsobeno lokálním pnutím způsobeným teplotním zatížením. Tato situace může ojediněle nastat i v extrémních případech způsobených sluncem a kombinací dalších faktorů (prudké zchlazení, mikroskopická vada materiálu z výroby aj.).
- 3) Přítomnost jiných prasklin.** Jakmile je jednou struktura skla narušena, dochází k rozšiřování a větvení prasklin velice snadno.
- 4) Tlak rzi.** U starších nebo špatně zkonstruovaných vozidel (pokud pod sklo zatéká) dojde k nabobtnání kovové karoserie následkem koroze a vytvoří se lokální tlak na sklo. To následně vlivem tlaku praskne.
- 5) Praskliny způsobené špatně upevněným nákladem nebo ramenem stěrače.** Tyto praskliny mají podobný charakter a velice zřídka u nich dochází k vydrolení materiálu v ohnisku. Prasklin bývá často více a bývají rozsáhlejší obr. č. 36. Jak při vzniku poškození od ramene stěrače tak od špatně uchyceného nákladu ve vnitřní části vozidla bývá lomový obrazec na vnější tabuli skla. To je způsobeno zakřivením skla, takže i když náklad narazí do skla ve vnitřním prostoru vozidla, dojde k poškození vnější vrstvy skla. Při velkém tlaku samozřejmě dojde i k poškození vnitřní skleněné tabule. Od ramene stěrače k poškození dochází, když je při výměně

stírací části vlivem neopatrnosti spuštěno rameno na čelní sklo. Je zřejmé, že ohnisko poškození od stěrače bude v dráze jeho pohybu.



*Obr. č. 36 – Tvar poškození odpovídající způsobu vzniku následkem špatně uchyceného nákladu nebo úderu od ramene stěrače*



## 4.2 LOMOVÝ OBRAZEC (VNĚJŠÍ NEBOLI OKEM VIDITELNÝ)

Jako lomový obrazec se označuje tvar trajektorií prasklin ve skle. S jeho pomocí a znalostí, za jakých podmínek jednotlivé tvary vznikají, je možné určit příčinu a způsob vzniku. Při zkoumání bude vycházeno z obecných zákonitostí šíření trhlin v křehkých materiálech. **Základní pravidla a poznatky v této diagnostice jsou:**

- A. I za situace, kdy je lomový obrazec komplikovaný a má velké množství trhlin (často navíc rozvětvených), existuje ve většině případů pouze jediné ohnisko lomu. Výjimkami jsou případy prudké změny teploty a údery většími předměty. (1)
- B. U skel obecně je ohnisko lomu téměř vždy na povrchu skla. Z vnitřku skleněného objektu vyjde prasklina pouze za situace, když předmět obsahuje výraznou vadu (například nedokonale natavený materiál). Při dnešních technologických postupech výroby a množství kontrol, kterým čelní skla podléhají, se s touto situací prakticky nesetkáme. (1)
- C. Lom materiálu vychází z místa, kde činitel intenzity napětí dosáhne nejdříve kritické hodnoty. V reálných podmínkách to znamená, že pokud je v místě největšího tahového napětí vhodný defekt, začne lom zde. Pokud v těchto místech žádný defekt není, začne porušení v nejbližším oslabeném místě. Proto se praskliny od pokroucené karoserie šíří od okrajů čelních skel, nikoli od míst na ploše skla, kam může někdy (logickou úvahou) vycházet největší krut či ohyb. (1)
- D. Trhlina se pokaždé šíří kolmo ke směru maximálního tahového napětí působícího v oblasti jejího kořene. Tento směr je ve většině případů dán charakterem vnějšího zatížení. Pokud tomu tak není, je to způsobeno jednou z výjimek. Mezi ně patří například přítomnost vnitřních pnutí, nehomogenita v materiálu, dosažení maximální lomové rychlosti, při níž dochází k větvení praskliny anebo změna napjatosti v tělese způsobená samotným růstem trhliny. Navíc, i když by v čelním skle neměly být žádné napětí od karoserie, často jsou přítomné i přes schopnost lepidla je částečně pohlcovat a to proto, že tuhost karoserie nikdy není stoprocentní. (1)
- E. Rychlost, kterou se prasklina šíří, závisí na velikosti působících napětí. Výsledné napětí je složeno z vnitřního pnutí v materiálu, napětí vyvozených vnějším zatížením a z dalších například tepelných pnutí, vyvozených dynamickými silami či deformacemi vnucenými při montáži. Tahová napětí růst trhliny urychlují, naopak tlaková napětí její růst zpomalují. Pokud napětí působí pouze krátkou dobu (většina

případů poškození čelních skel), může dojít k zatavení růstu trhliny ještě před celkovým rozrušením tělesa. (1)

- F.** Pokud je napětí nízké, trhlina se šíří pomalu a lomová plocha je hladká. Pokud se však trhlina vlivem vysokého napětí šíří rychle, dojde k hrubnutí lomové plochy. Při dosažení maximální rychlosti šíření trhliny dochází následně k jejímu větvení. Sekundární praskliny vzniklé rozvětvením praskliny primární spolu svírají ostrý úhel. Vrchol tohoto úhlu směřuje proti směru postupu primární praskliny. Velice často je toto rozvětvení v blízkosti ohniska lomu a to z důvodu uvolňování energie při vzniku praskliny, takže čím dále je kořen praskliny od ohniska lomu, tím méně energie má (pokud mu není nějakým vnějším nebo vnitřním napětím dodávána) a tím pádem je méně pravděpodobné, že dojde k rozvětvení. (1)
- G.** Intenzita větvení prasklin je u daného případu tím větší, čím vyšší bylo působící napětí. To je důsledkem faktu, že vzniklá lomová plocha je úměrná množství energie uvolněné při lomu. Takže počet prasklin bývá tím větší, čím vyšší byla pevnost tělesa nebo vnitřní pnutí nebo čím větší byla rychlost zatěžování (intenzita úderu a podobně). (1)
- H.** Pokud se těleso rozpadne na malé kousky a to v celém svém objemu, svědčí to o tom, že v okamžiku lomu byla v celém jeho objemu akumulována vysoká energie napjatosti. Zde se řadí i případy, kdy jsou působící napětí v rovnováze i v malých objemech jako například u tvrzených skel nebo v případech teplotního napětí vyvolaného prudkým ochlazením. Kvůli tomu šířící se trhlina uvolňuje pnutí jen ve svém blízkém okolí, nikoliv ve vzdálenějších místech. (1)
- I.** Rozvětvení trhlín je třeba rozlišovat. Především to, které vzniklo v důsledku dosažení maximální lomové rychlosti od toho, které vzniklo v důsledku víceosé napjatosti, například při úderu či teplotním rázu. V uvedených případech může při přechodu praskliny přes nehomogenitu a to i nehomogenitu mikroskopických rozměrů dojít k odbočení druhé praskliny. (1)
- J.** Při setkání dvou trhlín vznikla později ta, která končí na povrchu té druhé a to z toho důvodu, že trhlina představuje přirozenou překážku pro šíření prasklin jiných. (1)
- K.** Jakmile dojde u skleněné tabule (případ čelního skla) k lomu následkem mechanického namáhání, jsou praskliny poměrně rovné, obvykle rozvětvené a z jejich vzhledu je často velice snadné určit polohu ohniska lomu. Na rozdíl od toho praskliny

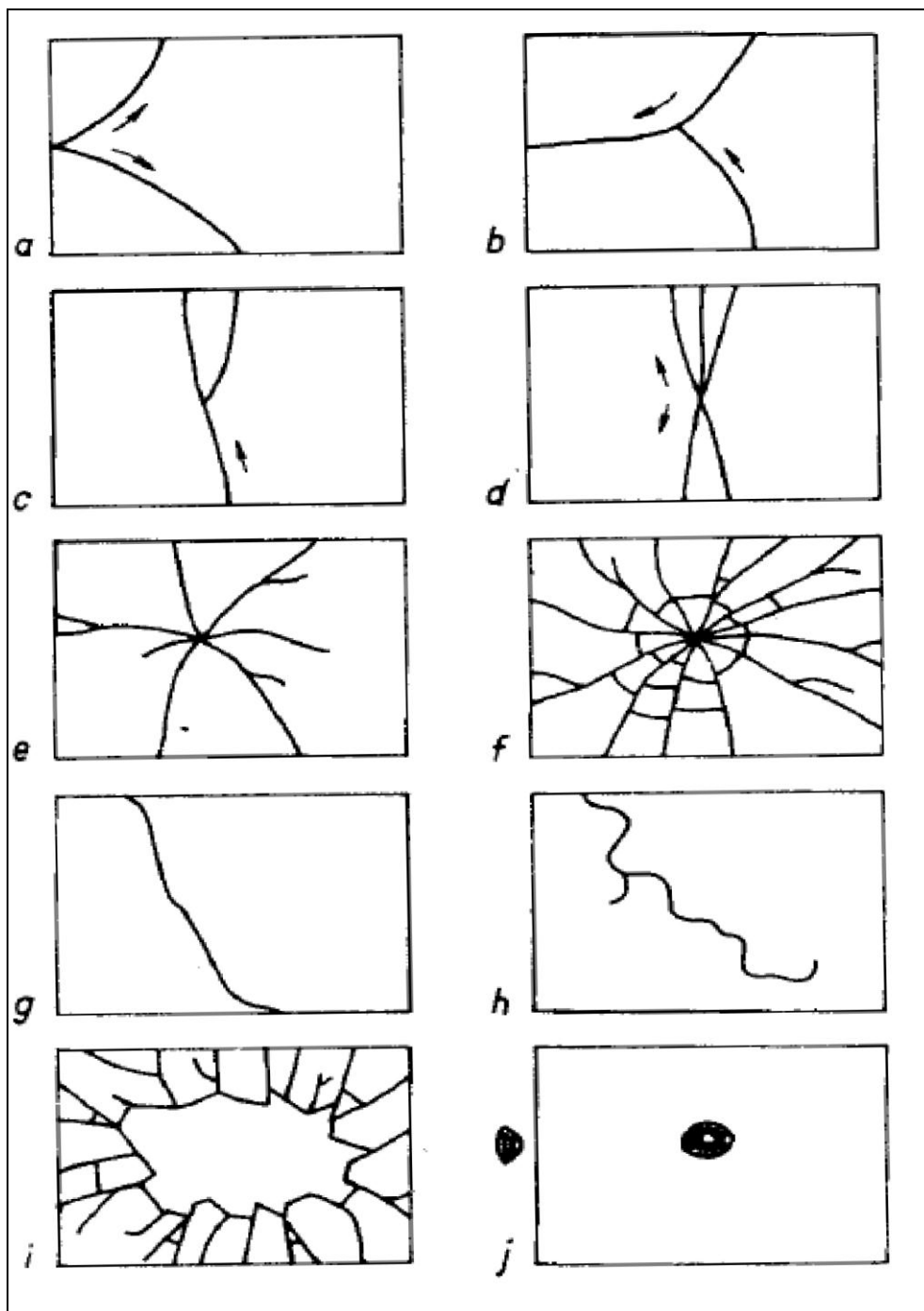
způsobené tepelným namáháním mění i vícekrát směr, často končí nebo i začínají v ploše tabule a neukazují na přítomnost ohniska. (1)

- L.** Neuspořádané zakřivení prasklin často doplněné o náhlé změny směru všeobecně svědčí o přítomnosti teplotních napětí nebo vnitřním pnutí (zbytkovém). Zbytkové pnutí je při dnešních kontrolách čelních skel pomocí polarizačních přístrojů spíše výjimečnou záležitostí. (1)
- M.** Velice charakteristické rysy zanechává porušení způsobené tvrdým ostrým hrotem nebo hranou (případ posypového materiálu). Na okraji kontaktní plošky je po nárazu vytvořena prstencovitá prasklina. Ta zpočátku proniká do skla kolmo, ale záhy se rozšíří do kuželovitého tvaru. Pokud je tabule dostatečně masivní (čelní sklo vůči drobnému šterku), pronikne trhlinka pouze do určité hloubky a zastaví se. Ve velké části případů dojde v místě kontaktu k odprýsknutí nebo vydrcení části materiálu. Pokud není tabule dostatečně tlustá, může trhlinka i s tělesem proniknout její celou tloušťkou. V takovém případě se vytvoří kuželovitý otvor se základnou na výstupní straně (zabraňuje PVB fólie). Velice často však dojde zároveň nebo ještě dříve k celkovému lomu skleněné tabule a to účinkem ohybového napětí, které je při zatížení osamělou silou na podepřenou skleněnou tabuli také vyvoláváno. (1)
- N.** Působení místního zatížení na okraji skleněné tabule velice často vede v důsledku nesymetrických silových podmínek a vyššího podílu smykových napětí k ulomení části materiálu. Velice často při tomto vyštípnutí dochází k takzvanému lasturovému lomu, který je tvořen Wallnerovými liniemi. Tyto linie lze ve většině případů pozorovat i u tlučanců na čelním skle. (1)

#### **Příklady lomu skleněných tabulí obr. č. 37:**

- a. porušení silou působící na okraji tabule*
- b. porušení klidným tlakem působícím na celou plochu tabule*
- c. porušení příčnou silou tabule podepřené na levém a pravém okraji, lom vyšel z dolního okraje tabule*
- d. jako v bodě c, lom však vyšel z defektu uprostřed tabule*
- e. tabule byla upevněna po celém obvodu, lom vyvolala osamělá síla uprostřed tabule, popř. plošné zatížení*
- f. jako v bodě e, lomové napětí však bylo vyšší (pevnější sklo nebo větší rychlost zatěžování, popřípadě nárazu)*

- g. porušení tabule bylo vyvoláno zkřížením rámu*
- h. porušení nastalo v důsledku teplotních napětí při místním přehřátí skla*
- i. tabule byla upevněna po celém obvodu, porušení nastalo účinkem detonační vzduchové vlny*
- j. charakteristický vzhled tabule po průstřelu, vlevo vedle tabule je vidět vyražený skleněný kužel (1)*



Obr. č. 37 – Příklady lomu skleněných tabulí (šipky ukazují směr šíření trhliny) (1)

## 5 INDICIE NAPOMÁHAJÍCÍ K ODHALOVÁNÍ PODVOVNÝCH NÁROKŮ

### 5.1 ROVNÉ PRASKLINY ZASAHOJÍCÍ DO OKRAJE ČELNÍHO SKLA

**Bod 1) a 4) v kapitole 4.1.4** mají významnou roli v pokusech o pojistný podvod, jelikož praskliny vzniklé těmito způsoby jsou velice podobné prasklinám od tlučanců. Snaha je prezentovat jako poškození zaviněné cizí osobou je umocněna faktem, že praskliny zasahují do okraje čelního skla a tak nejsou opravitelné metodou scelování, ale pouze výměnou celého okna.



*Obr. č. 38 – Prasklina kolmá k okraji skla vzniklá nejspíše tlakem rzi*

Jak lze poznat, že se jedná o podvod:

Tvar praskliny způsobené vlivy popsány v bodě **1) a 4) v kapitole 4.1.4** bývá rovný a kolmý k okraji skla tak, jak je popsáno v **bodě K. u kapitoly 4.2**. Oproti tomu praskliny,

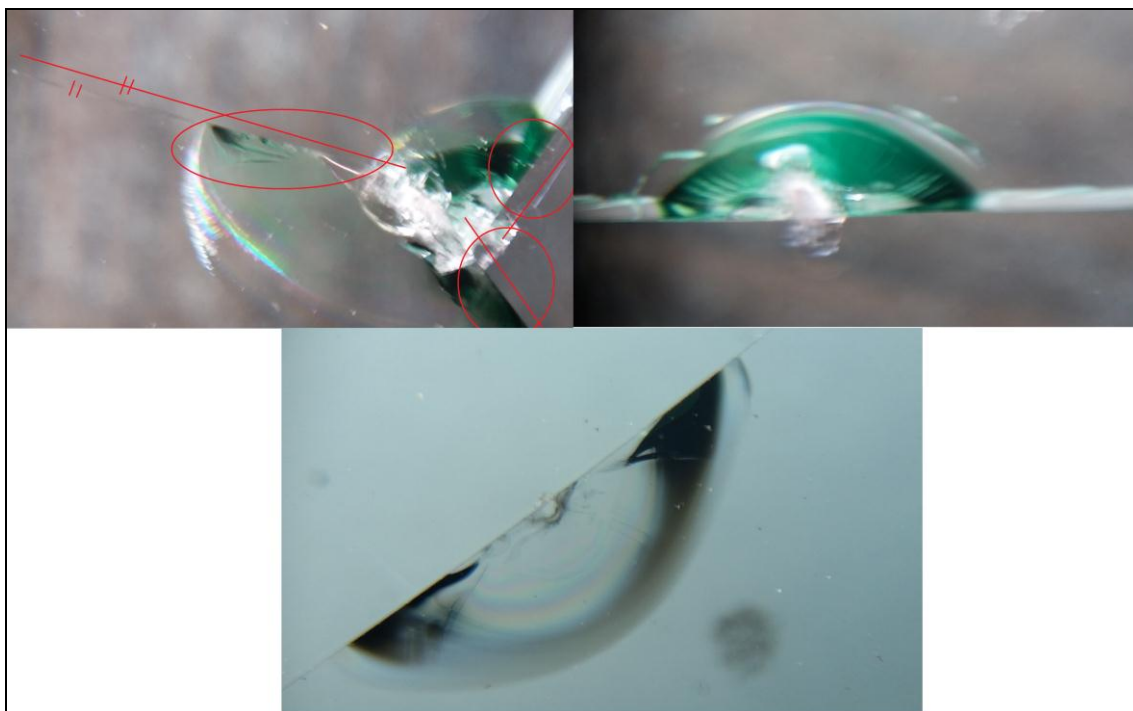
které mají původ v ploše čelního skla (od „třukance“) bývají často do oblouku a nebývají k okraji skla kolmé.



*Obr. č. 39 – Typická prasklina způsobená bodovým poškozením, zakřivená a směřující k okraji čelního skla pod úhlem*

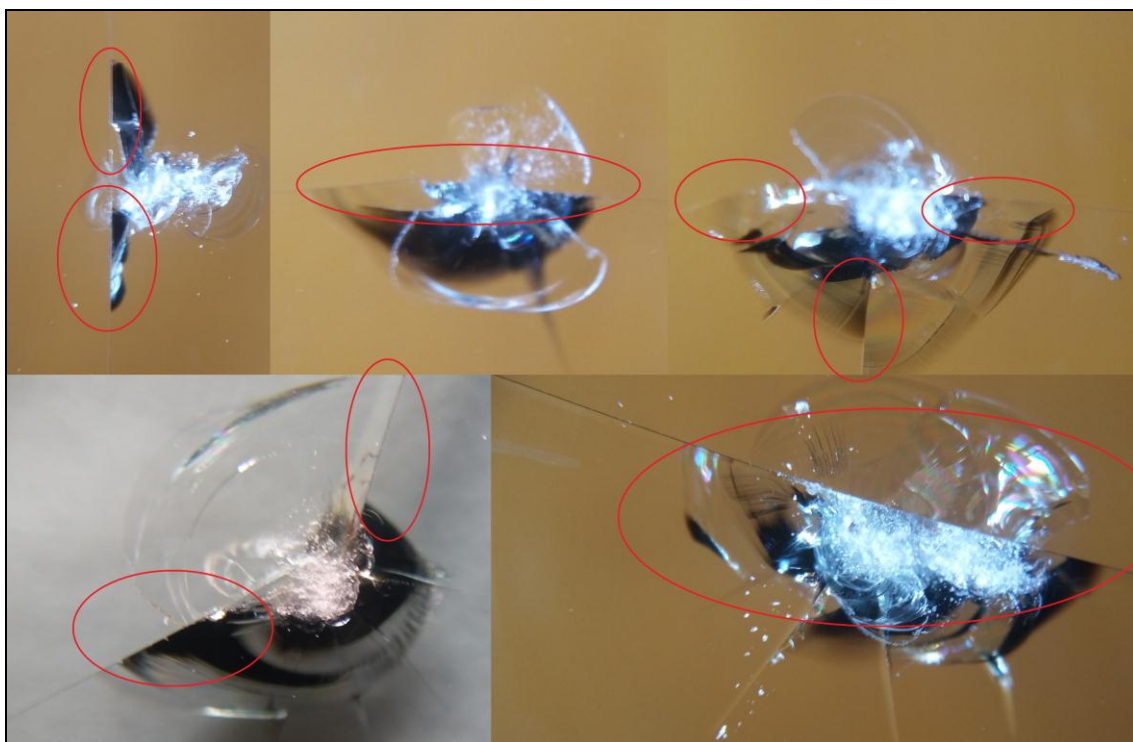
## 5.2 TVAR OKOLÍ BODOVÉHO POŠKOZENÍ

**Nejpřínosnější identifikátor** pojistného podvodu je tvar bodového poškození. Pokud je do praskliny „třukanec“ dodělán až po jejím vzniku, nejen směr odštípnutí materiálu, jak je popsáno v kapitole 5.7, ukazuje na pojistný podvod, ale i **bod J. v kapitole 4.2** hraje významnou roli v určení podmínek vzniku „třukance“ a praskliny. Jak je vidět na obrázku č. 40, 41, **při dodělávání bodového poškození** se šíření okolního poškození zastavilo o již dříve vzniklou prasklinu. Pokud by byl „třukanec“ iniciátorem lomu bylo by poškození v jeho blízkosti nepřerušeno a ve tvaru kruhu.



*Obr. č. 40 – Fingované poškození*

Na obrázku č. 40 lze vidět tři případy, kdy bylo poškození doděláváno až po vzniku praskliny. Na prvním obrázku bylo poškození umístěno do styku dvou prasklin.



*Obr. č. 41 – Další fingované poškození*

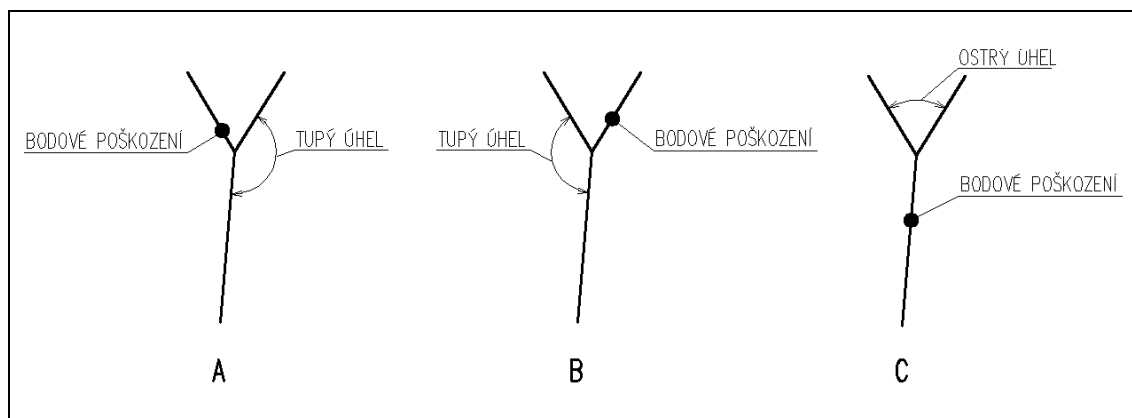




Obr. č. 42 – Reálná poškození

### 5.3 ÚHEL ROZVĚTVENÍ

Další **zásadní identifikátor** pro odhalení podvodu je **bod F. v kapitole 4.2.** Rozvětvením primární praskliny vznikají praskliny sekundární, které vzájemně svírají ostrý úhel. Vrchol tohoto úhlu směřuje proti směru postupu primární praskliny. Navíc většinou vznikne úhel malé velikosti. Pokud někdo vytvoří „tukanec“ v rozvětvení praskliny je jasné, že jde o podvod.



Obr. č. 43 – Úhel rozvětvení A) podvod B) podvod C) reálná situace

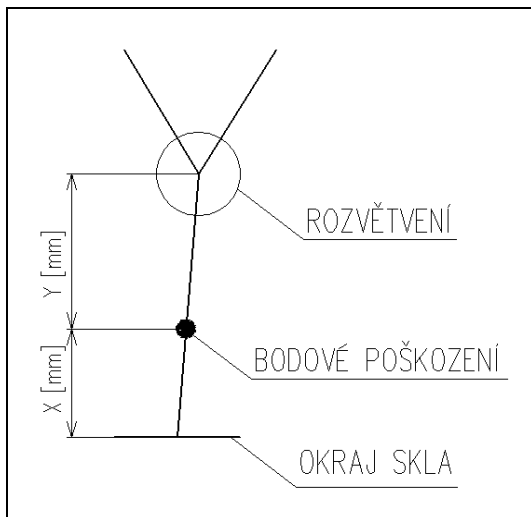
### 5.4 POZICE BODOVÉHO POŠKOZENÍ V PRASKLINĚ

Další, již ne tak průkaznou indicií, může být umístění bodového poškození v prasklině, zejména co se týče jeho vzdálenosti od větvení praskliny a také vzdálenosti od okraje skla. Jelikož rychlost šíření praskliny je na obě strany zpravidla stejná, **nemělo** by rozvětvení ve většině případů být vzdálenější než okraj čelního skla. Protože jakmile prasklina dorazí na okraj čelního skla, dojde k uvolnění většího množství energie a už ji nezbyvá dostatek pro větvení na druhém konci praskliny. Toto tvrzení by však mělo vždy být



podpořeno dalšími fakty, jelikož může být ve skle nehomogenita, která větvení způsobí nebo může být energie dodávána od zkroucení karoserie.

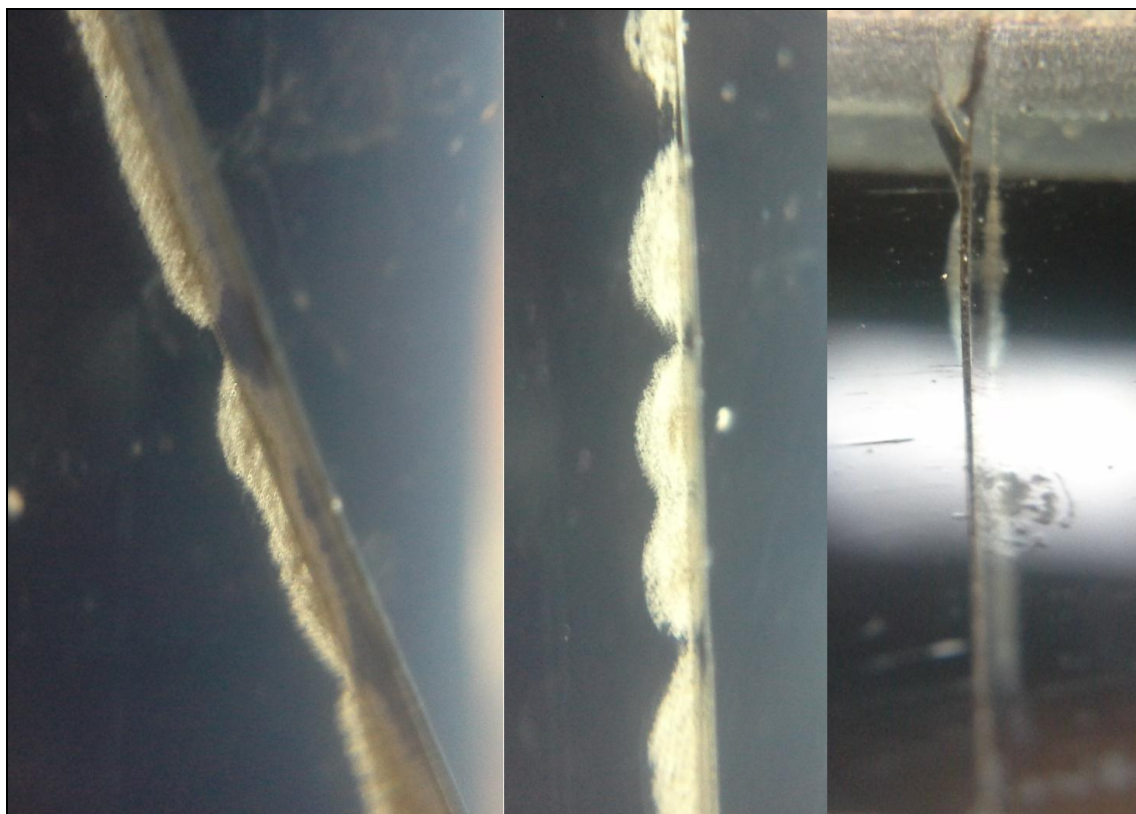
Na obrázku č. 44 můžou nastat tři situace: 1)  $X = Y$  reálná situace 2)  $X > Y$  reálná situace (nejčastější a více pravděpodobná než situace  $X = Y$ ) 3)  $X < Y$  nejméně reálná situace (podezření na podvod).



Obr. č. 44 – Vzdálenost bodového poškození od rozvětvení a okraje skla

## 5.5 VZLÍNÁNÍ VLHKOSTI

Tento jev je dosti ojedinělý, o to více má však vypovídající hodnotu o čase vzniku. Pronikání vzdušné vlhkosti prasklinou ve skle až k PVB fólii je velice pomalé. U zkoumaných vzorků se tento jev začal ve větším měřítku objevovat zhruba po půl roce. Jeho výskyt byl navíc ojedinělý. Týkal se pouze menšího procenta vzorků a u těchto vzorků se navíc nevyskytoval ve všech prasklinách. Jeho výpovědní hodnota je proto velice vysoká a u poškozených skel, na kterých likvidátor zaznamená výskyt, lze s jistotou tvrdit, že skutečné datum poškození je staré okolo 6 měsíců nebo více. Takto zpětně nikdo škodní událost nenahlašuje. Tento jev nelze zaměňovat s odloupenutím skla s PVB fólie. K odloupenutí může dojít ihned po poškození a to velice často u větších poškození, kde se již vyskytují nově vzniklé samostatné úlomky čelního skla.



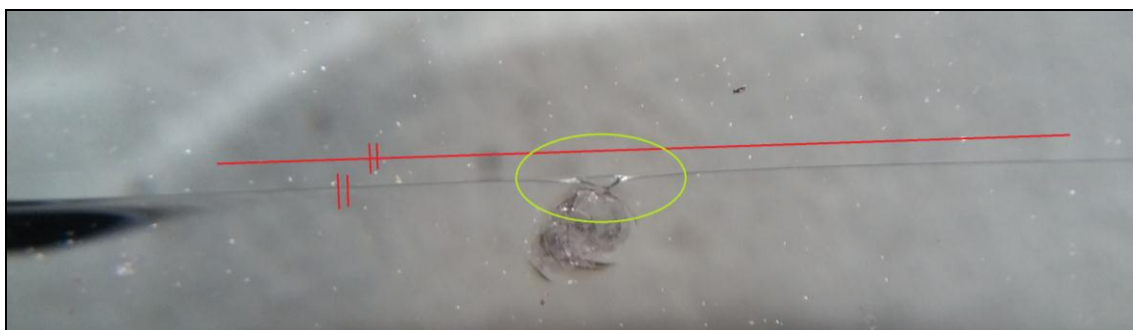
*Obr. č. 45 – Příklad oxidace fólie v důsledku vztlínání vlhkosti po delším časovém období*



*Obr. č. 46 – Bublina vzduchu vzniklé v důsledku oddělení PVB fólie od skla*

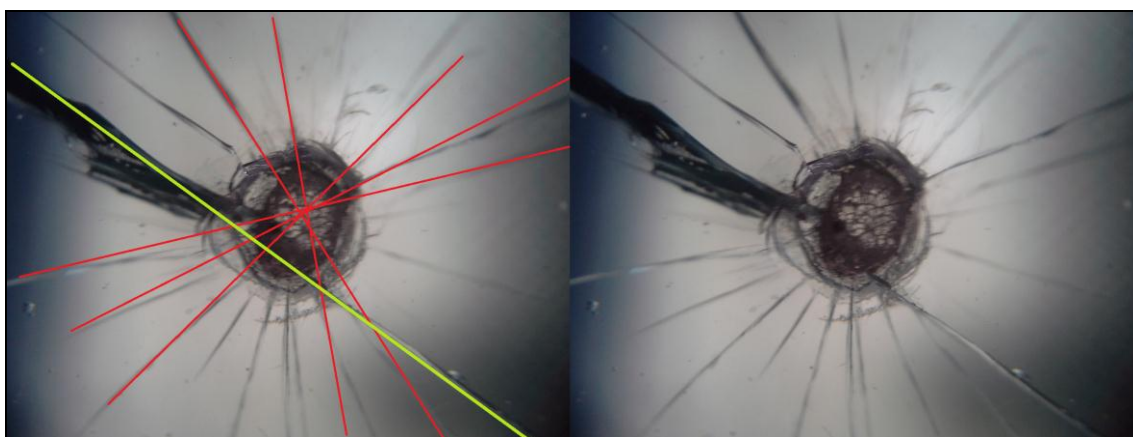
## 5.6 SMĚR PRASKLINY

Na obrázku č. 47 lze vidět, že směr praskliny nekoresponduje s „prvotním“ poškozením. Je to nezdařilý pokus o vytvoření „tukance“ v prasklině, která již na čelním skle byla přítomna.



*Obr. č. 47 – Dráha praskliny je rovná a významně mimo poškození*

Obrázek č. 48 zachycuje situaci, kdy prasklina prošla již dříve existujícím bodovým poškozením a v důsledku velké energie se vůbec nenavázala do některé z menších, již přítomných prasklin. Pomyslné propojení menších prasklin vzniklých od bodového poškození má střed zcela mimo dráhu praskliny hlavní.



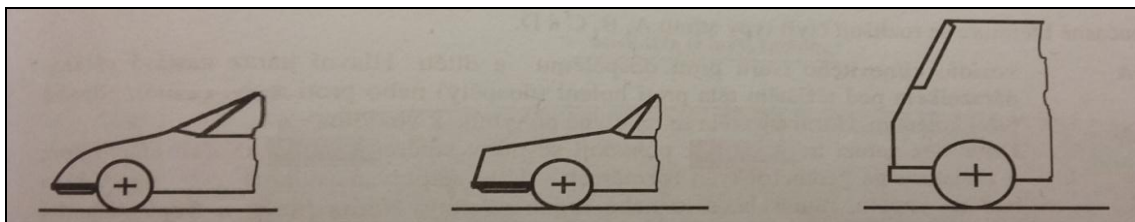
*Obr. č. 48 – Hlavní prasklina jdoucí mimo průsečík menších prasklin*

## 5.7 SMĚR ODŠTÍPNUTÍ MATERIÁLU V BODOVÉM POŠKOZENÍ

Další identifikátor pojistného podvodu je směr odštípnutí materiálů. K odštípnutí dochází ve velkém množství případů a je třeba mu věnovat pozornost. Pokud poškozený tvrdí, že k ůuknutí došlo letícím posypovým materiálem (nejčastější) a ne jinak, lze potvrdit nebo vyvrátit tuto skutečnost směrem, ve kterém chybí materiál.

### *Úhel zasklení vozidla*

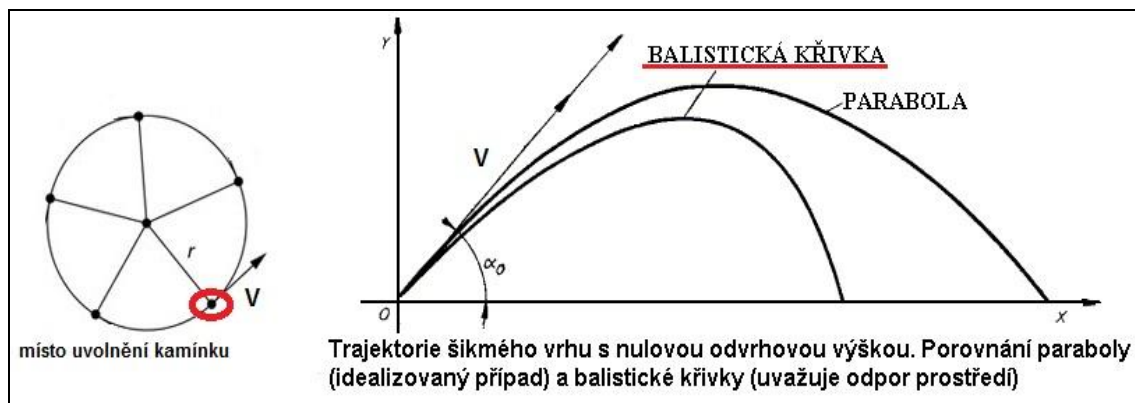
Čelní sklo je na vozidle zafixováno v karoserii pod určitým úhlem. Tento úhel se samozřejmě mění dle typu vozidla. Nákladní automobily a autobusy mají sklo v úhlu téměř  $90^\circ$  vůči vozovce, naproti tomu vozy řazené do kategorie supersportovní mají čelní sklo vůči vozovce silně sklopené.



Obr. č. 49 – Pozice čelního skla vůči vozovce

### *Směr letícího předmětu vymrštěného kolem vozidla před námi*

Pneumatika vozidla má tvar kružnice. Pokud se v jejím dezénu zachytí předmět, který se následně uvolní a je vymrštěn směrem na vozidlo jedoucí za námi, můžeme jeho pohyb spojený s pneumatikou považovat za pohyb bodu po kružnici.



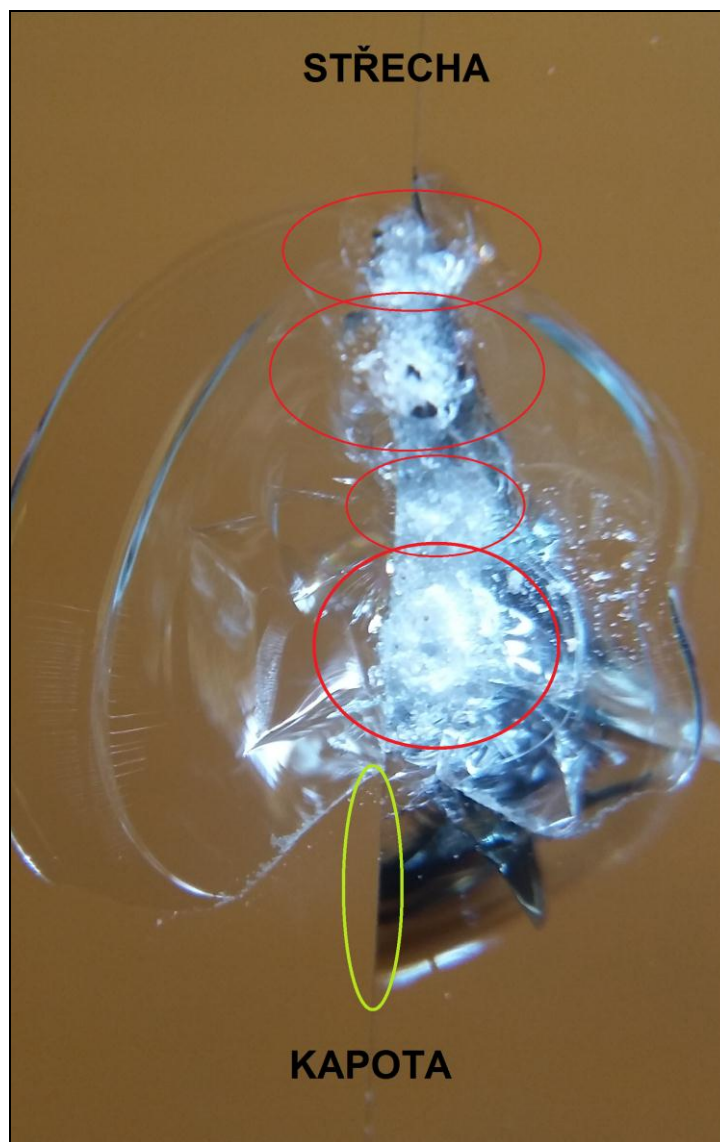
Obr. č. 50 – Dráha letu štěrku uvolněného z pneumatiky



A jeho následný pohyb za šikmý vrh. I když se počáteční úhel může lišit, trajektorie letu je teoreticky parabolická (ve vakuu), tak jak je znázorněno na obrázku č. 50. Při reálné situaci, kterou let šterku je, působí odpor prostředí a to velice významně. Tudiž dráha jeho letu je balistickou křivkou. Z toho plyne, že kinetická energie, která způsobuje poškození, je největší ihned po oddělení a společně s uraženou vzdáleností klesá. Logickou úvahou je tedy zřejmé, že největší šanci poškodit čelní sklo má šterk na počátku svého letu. Pokud si představíme úhel dopadu šterku na čelní sklo v této fázi, je jasné, že vyštípnutí materiálu má být směrem nahoru. Směr vyštípnutí může ovlivnit několik faktorů. Například tvar předmětu, který způsobí poškození nebo nehomogenity ve skle. I přes to většina zkoumaných vzorků měla materiál chybějící směrem nahoru (k střešní části automobilu) případně do stran. Oproti tomu nemalé množství poškození, které si způsobí uživatel sám, ať už záměrně či náhodou, mají materiál chybějící směrem dolů (ke kapotě vozidla).



*Obr. č. 51 – Nepřirozený směr odštípnutí materiálu*



*Obr. č. 52 – Odsakování důlčíku, při tvorbě poškození v již vzniklé prasklině, směrem dolů navíc s jasným zastavením okolního poškození o prasklinu*

Příčiny takového poškození jsou různé. Od pádu nákladu ze střechy vozidla až po úmyslné poškození vandaly nebo samotným majitelem. Nejčastější úmyslné poškození, které si majitel způsobí sám (za účelem pojistného podvodu) bývá od důlčíku. Takto způsobené poškození (pokud je dobře provedeno) je prakticky nerozeznatelné od poškození běžného, avšak neinformovanou osobu jen stěží napadne nasměrovat důlčík jinak než kolmo ke sklu nebo k vozovce. Pokud je důlčík nasměrován kolmo k vozovce, prakticky vždy dojde k vyštípnutí materiálu směrem dolů. Pokud je důlčík nastaven kolmo k čelnímu sklu, je pravděpodobnost 50 %, že dojde k vyštípnutí směrem dolů. V reálných podmínkách je však pro člověka přirozené se přibližovat spíše úhlu  $90^\circ$  vůči vozovce. Takže častěji dochází k vyštípnutí směrem dolů.

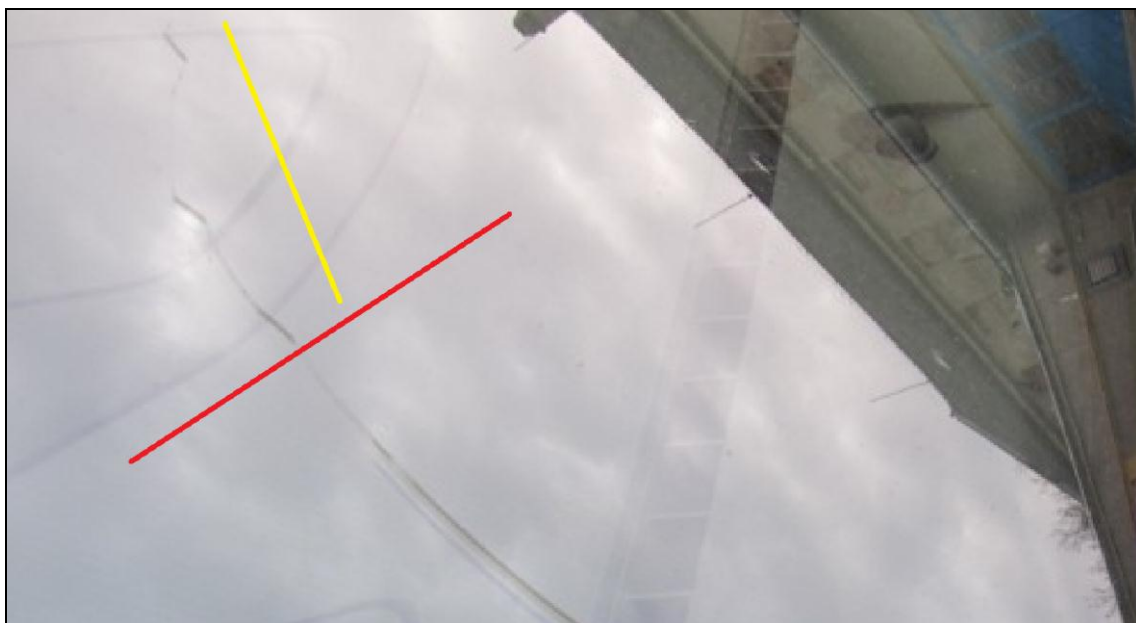
Poškození větších rozměrů se dá posoudit stejným způsobem a většinou rozhodování bývá lehčí, jelikož způsob vzniku bývá jasnější.

## 5.8 POSTUPNÉ ROZPRASKÁVÁNÍ

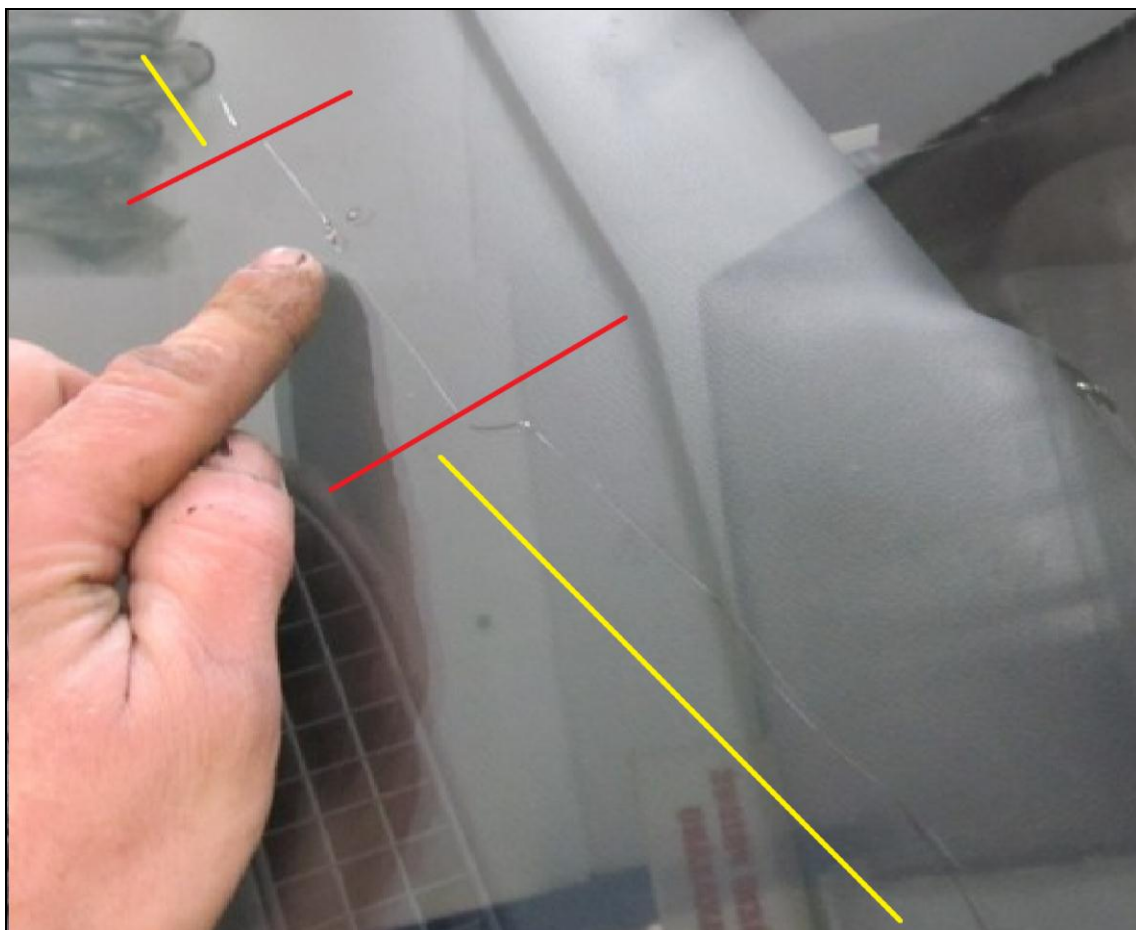
Ze zkušeností techniků a také z **bodu L. v kapitole 4.2** plyne, že specifické zakřivení trhlin vzniká až v pozdější době a to například v důsledku tepelného namáhání nebo vyvinutí síly (z vnitřní části vozu), která rozevírá prasklinu. Teplotní šoky jsou často podpořeny klimatizačními systémy, působením přímého slunečního svitu nebo mytím čelního skla. Čím déle majitel vozu otálí s řešením poškození, tím větší je pravděpodobnost, že sklo vystaví teplotnímu zatížení. Vždy když bude viditelný podobný přechod jako na obrázku č. 53, 54, 55, je pravděpodobné, že prasklina na čelním skle je delší dobu.



*Obr. č. 53 – Specifické zakřivení vzniklé později dodávaným pnutím*



*Obr. č. 54 – Zakřivení dráhy trhliny ve žlutě označeném úseku vzniklo později vlivem tepelného namáhání, po červenou hranici byl vznik praskliny důsledkem bodového poškození*



*Obr. č. 55 – Tvar trhliny je stejně jako v předchozím obrázku značně odlišný za červeným ohraničením*



## 5.9 JINÉ POŠKOZENÍ NA SKLE

Drobnou, ale samostatně nepoužitelnou indicií může být další poškození na čelním skle. Pokud by toto samotné poškození mělo za následek nevyhnutelně výměnu čelního skla, avšak nebylo by pojistnou událostí, je možné, že vlastník vozidla vytvoří poškození, které bude za pojistnou událost označeno. Proto je třeba dbát při výskytu více poškození na skle na detailnější zkoumání pojistné události.



*Obr. č. 56 – Reálný případ, kdy původní poškození jsou označena červeně a žlutozeleně je označeno schválně vytvořené poškození v oblasti výhledu řidiče (aby se pojišťovna „necukala“)*

## 5.10 TVAR OHNISKA BODOVÉHO POŠKOZENÍ

Dalším drobným ukazatelem může být tvar ohniska bodového poškození. Tato indicie patří k velice okrajovým záležitostem a neměla by být stěžejní co se týče posuzování pojistné události. Tvar ostrého špičatého předmětu bývá pravidelný a bodové poškození takto vytvořené může být touto skutečností ovlivněno.



*Obr. č. 57 – Nepřirozeně přesný tvar způsobený dŕlčíkem*

## 6 BEZDEMONTÁŽNÍ OPRAVA ČELNÍHO SKLA

V době kdy jsou čelní skla velice drahou součástí vozidla a k jejich poškození dochází velice často (kvůli stále větší zasklené ploše), je bezdemontážní postup na jejich opravu velice aktuální téma. Technika takzvaného scelování je dnes velice rozšířenou a některými pojišťovnami dokonce požadovanou technikou.

### 6.1 PODMÍNKY PROVEDITELNOSTI

Technologie scelování má své limity nejen co se týče technické proveditelnosti, ale je omezena i legislativně.

#### 6.1.1 Technické podmínky

Oprava scelením je možná pouze u menších poškození nebo prasklin. Pokud je rozsah poškození větší než 5 mm, nebo je prasklina delší než pár cm, je již oprava obtížná a těžko proveditelná. Teoreticky není rozsah opravitelného poškození omezen, ale u rozsáhlejších poškození velice záleží na konkrétním případě a šikovnosti technika, který opravu provádí. Oprava je značně komplikovaná pokud ji technik provádí v terénu. Neměla by být prováděna na přímém slunci (UV záření) ani za deště. Oprava lze prakticky provést, jen pokud není materiál vydrolený až na PVB fólii. Pokud ano, opět záleží na konkrétním poškození a zkušenostech technika. Pokud je PVB fólie přímo poškozena je oprava neproveditelná, jelikož opravná sada zceluje pouze sklo nikoli fólii.

#### 6.1.2 Legislativní podmínky

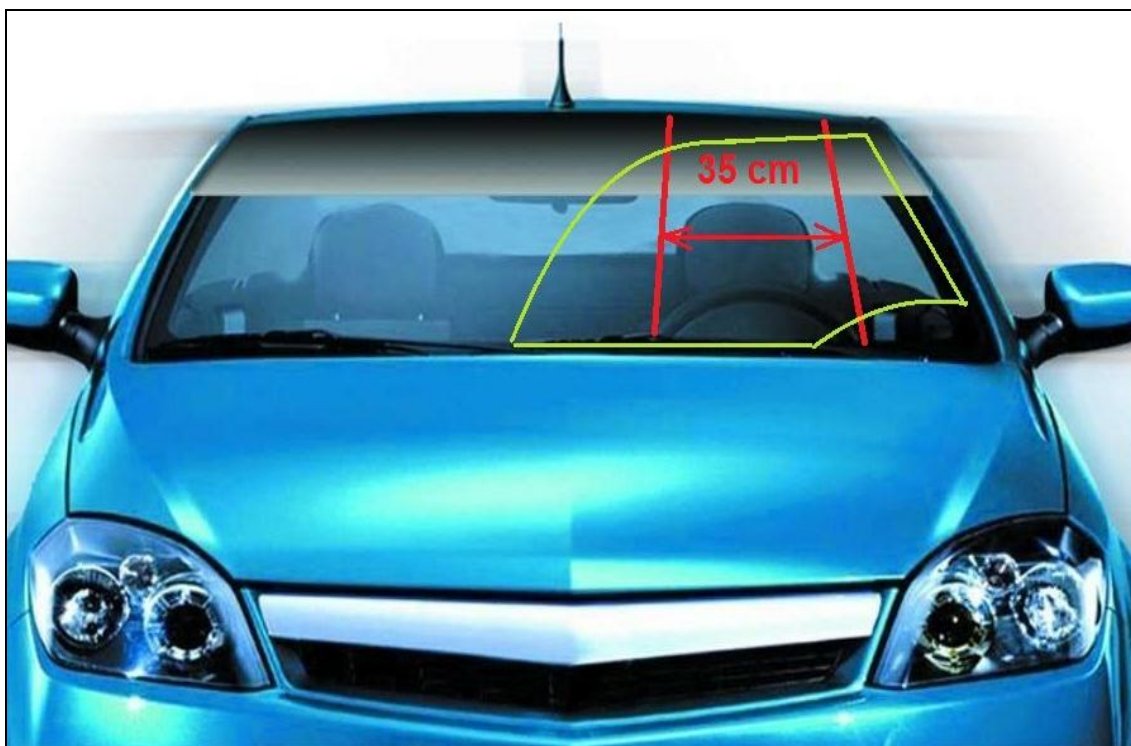
Legislativní podmínky, týkající se čelních skel upravuje předpis EHK č. 43. Tento předpis se vztahuje na zkoušení a schvalování typů bezpečnostních zasklívacích materiálů, určených pro montáž jako čelní nebo jiná skla nebo jako přepážky v motorových a jejich přípojných vozidlech. Schvaluje se i jejich montáž. Předpis se netýká dvojitých oken.

***Předpis č. 43 stanovuje:***

- 1. Definice, postup podání žádosti o homologaci nebo o rozšíření její platnosti při změně typu bezpečnostních zasklívacích materiálů nebo o ukončení platnosti homologace po ukončení výroby typu.*
- 2. Postup udělení homologace a způsob označení homologovaného výrobku,*

3. *Rozsah a postup zkoušek typu bezpečnostních zasklívacích materiálů a požadavky na jejich vlastnosti z hlediska: ochrany osob v případě rozbití zasklívacího materiálu, odolnosti zasklívacího materiálu při nehodách, proti atmosférickým, tepelným a chemickým účinkům, průhlednosti, zkreslování předmětů pozorované čelním sklem, nejasnosti v rozlišování barev.*
4. *Postupy pro řízení a kontrolu shodnosti výroby (COP), postup odběru a hodnocení vzorků, postihy při nedodržení shodnosti. (19)*

Technici, kteří scelování provádějí, policisté i technici na STK se zjednodušeně řídí všeobecně tolerovanými pravidly, které v podstatě předpisu odpovídají za to, že oprava by neměla být prováděna v prostoru před řidičem. Za ten je považován svislý pruh nad volantem a také plocha stíraná řidičovým stěračem.



*Obr. č. 58 – Oblast výhledu řidiče*

Dále se také neopravují praskliny zasahující do okraje skla a to nejen s legislativních, ale i s technických důvodů. Mezi ně patří špatný přístup do těchto míst, nemožnost vizuální kontroly provedené opravy atd.



## 6.2 PRŮBĚH OPRAVY

Při scelování čelních skel je vzduch v prasklinách a vydrolený materiál nahrazen tekutinou, která má po vytvrzení stejný index lomu světla jako čelní sklo. Je vytvrzována UV zářením a aplikována za pomoci speciální sady nástrojů. Její mechanické vlastnosti jsou při dodržení technologického postupu také velmi podobné původnímu sklu.

### 6.2.1 Postup opravy

#### *Oprava bodového poškození*



*Obr. č. 59 – Opravná sada pro scelování skel*

- 1) Aplikace zrcátka pomocí přísavky ve vnitřním prostoru vozidla.
- 2) Použití papíru. Po přiložení z vnitřku vozidla jsou lépe viditelná některá poškození.
- 3) Vyčištění úlomků, prachu a nečistot ze vstupního otvoru poškození. Propojení jednotlivých prasklinek, aby tekutina měla přístup do všech míst. V tomto kroku velice záleží na zkušenostech a šikovnosti technika. Úkon je prováděn nejrůznějšími nástroji zpravidla s diamantovou hlavou. Někdy v tomto kroku dojde k rozšíření prasklin a můžou vznikat také nové praskliny. A to až do té míry, že se sklo

stane neopravitelným. Toto riziko je však nutné podstoupit, jelikož úprava „řukance“ má zásadní vliv na výsledek opravy.

- 4) Za pomoci přísavky je na sklo uchycen vodící rám a vycentrován nad středem poškození.
- 5) Do rámu je našroubována část s gumovým těsněním (aplikátor). Otvor v gumovém těsnění musí být na středu poškození (průběžná kontrola přichyceným zrcátkem). Pokud není je potřeba provést vycentrování.
- 6) Aplikátor je zašroubován tak, aby těsnicí guma na jeho konci dosedla na sklo okolo vstupního otvoru poškození.
- 7) Nakapání lepidla do aplikátoru (cca 5 kapek) podle rozsahu poškození.
- 8) Do aplikátoru je vložen pístek a jeho šroubováním je lepidlo vtlačeno přes centrum poškození do všech prasklin. Zde se projeví zkušenosti technika, jelikož množství aplikovaného lepidla by mělo vystačit na kompletní zaplnění všech prasklin.
- 9) Vztlínání lepidla je průběžně kontrolováno, k tomu napomáhá i zrcátko uchycené ve vnitřní části vozu.
- 10) Po optickém zmizení poškození se nechá pístek zašroubovaný 5 až 10 minut (podle teploty atd.). Následně je pístek vyšroubován. Pokud jsou přítomny vzduchové bubliny, je nutné předešlý postup opakovat a to do té doby, dokud není scelení prasklin 100 %.
- 11) Následuje odstranění vodícího rámu.
- 12) Do vstupního otvoru se aplikuje přiměřené množství lepidla a je překryto fólií.
- 13) V dalším kroku je lepidlo vytvrzeno UV lampou nebo přímým slunečním světlem. Ne však na 100 % a to proto, že následuje sundání fólie a zapravení přebytečného lepidla. Nejčastěji pomocí obyčejné žiletky.
- 14) Pokud zůstane v místě vstupního otvoru dolíček, je třeba opakovat předešlé kroky až do dokonalého vyrovnaní povrchu čelního skla.
- 15) V závěru se ošetřené místo přešetří a UV lampou vytvrdí na 100 %.



*Obr. č. 60 – Rám, aplikátor a pístek*

### ***Oprava praskliny***

Oprava prasklin dlouhých několik cm až decimetrů je proveditelná, avšak výsledek bývá mnohdy neuspokojivý. Postup provedení je následující:

Pro počátek opravy technik zvolí jeden z konců praskliny (horní bývá zpravidla lepší). Lepidlo nanáší v přiměřeném množství přímo na prasklinu. Je zde využito samovolné vztlínání lepidla (bez podpory tlaku píستku opravné sady). Na prasklinu se technik dívá pod úhlem, aby odhalil případné nedokonalosti zatečení lepidla. Pokud se prasklina dokonale nezacelí a zůstávají v ní bublinky vzduchu, může technik provést několik úkonů pro odstranění těchto vad.

- 1) Prstem se zlehka zatlačí z vnitřní části vozidla na místo, kde je vzduchová bublina, čímž se přirozeně utvoří prostor pro její uniknutí. Při tomto úkonu je zvýšené riziko zvětšení praskliny nebo vytvoření prasklin nových.
- 2) Prasklinu lze postupně po úsecích scelovat podle výše popsaného postupu pro řukance. V tomto případě často dochází k nedokonalému scelení v místech styku lepidla vtlačeného od dvou různých scelovacích úkonů.



Následný postup, týkající se fólie a vytvrzování UV světlem, je shodný jako v případě scelování tůkanců. V obou případech je nutné, aby bylo poškození dokonale čisté, tzn. zbavené veškerých nečistot vtlačených stěračem a to i za cenu zvětšení poškození.

### **6.2.2 Následky opravy**

Po dobře provedené opravě jsou optické vlastnosti změny pouze minimálně a v některých případech vůbec. Problémové jsou situace v nočních hodinách, kdy může docházet k rozptylu světla od protijedoucích automobilů. Zkreslení hrozí také ve spojitosti s deštěm. Z těchto dvou důvodů nemůže být oprava scelováním prováděna ve výhledu řidiče.

Mechanické vlastnosti, jak již bylo zmíněno dříve, jsou velice podobné původnímu nepoškozenému sklu, alespoň co se týče odolnosti proti oděru (například od stěrače) nebo vzniku nových prasklin. Jen velice zřídka dojde po opravě scelováním k opětovnému obnovení poškození čelního skla.

## **6.3 PROČ OPRAVU PROVÁDĚT**

### **6.3.1 Technické důvody**

Pro scelování jasně hovoří fakt, že neúspěšná oprava nemá žádné následky, jelikož poškozené sklo je následně vyměněno. Dalším technickým důvodem je riziko, které vzniká při demontáži poškozeného skla a to, že bude poškozena karoserie, lak nebo interiér vozidla.

Při špatné montáži nového skla vzniká riziko zatékání do vozidla, špatného usazení skla a zvyšuje se i riziko korodování karoserie v blízkosti skla.

Při úspěšném scelení jsou mechanické a optické vlastnosti velice často dokonale obnoveny.

### **6.3.2 Finanční důvody**

Důvod pro scelení nebo jen pokus o scelení je vždy na místě, pokud to zákon dovoluje. Zručný technik může zvládnout scelit i větší poškození a vždy se jedná o náklady v řádu stovek korun. Naproti tomu výměna čelního skla běžně vyjde na několik tisíc a u modernějších a luxusnějších vozů se jedná o desetitisíce.

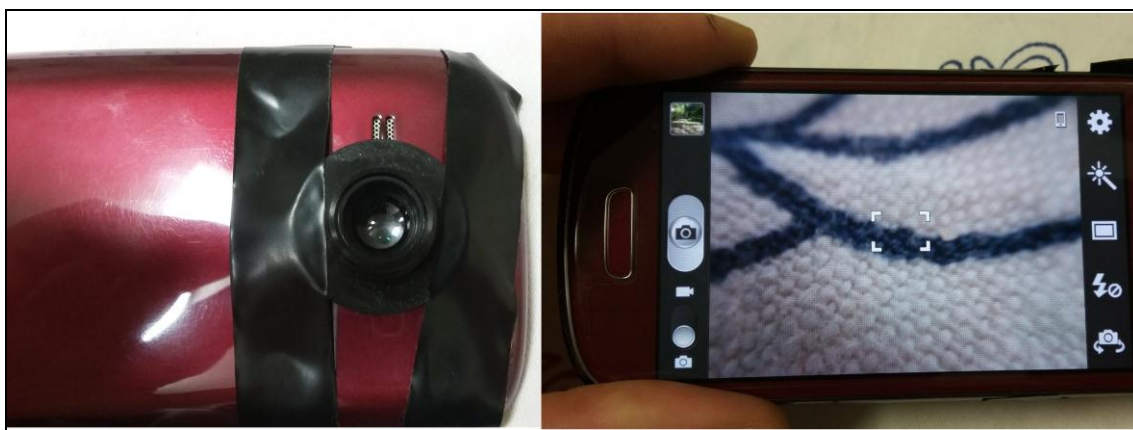
Dalšími finančními důvody jsou například pokuty, které PČR uděluje za poškozené čelní sklo a také snížení prodejní hodnoty vozu při výměně čelního skla za neoriginální.

### 6.3.3 Časové důvody

Při opravě scelováním je časová náročnost významně menší, než při výměně celého skla. Scelování zabere podle zručnosti technika a rozsahu poškození přibližně hodinu. Výměna s ohledem na nutnost dokonalého vytvrzení lepidla je operace minimálně na polovinu dne.

## 6.4 PŘEDMĚTY POUŽITÉ PŘI VÝZKUMU

Stěžejní bylo přijít na způsob detailní dokumentace bodového poškození. Prvotním záměrem bylo užití mikroskopu, avšak v průběhu výzkumu bylo zjištěno, že mikroskop není pro dílenské podmínky ideální. K dostatečně detailní dokumentaci postačil nápad, který je snadno aplikovatelný i v dílenských podmínkách. Na mobilní fotoaparát byla přilepena běžnou elektrikářskou páskou malá lupa (čočka) a to konkrétně z okuláru mikroskopu. Nedošlo tak k poškození mobilního telefonu ani čočky, která byla snadno demontovatelná. Dalšími použitými předměty byly nejrůznější důlčičky, vzduchová puška aj.



*Obr. č. 61 – Možnost pořizování detailních fotek v dílenských podmínkách*



*Obr. č. 62 – Nástroje pro tvorbu bodových poškození*

## 7 ZÁVĚR

V úvodu práce byla popsána historie skla a zásadní mezníky v minulosti týkající se výroby a zpracování. Následně bylo sklo definováno jako látka a rozebráno jeho chemické složení. U jednotlivých látek byl zmíněn jejich význam pro sklo a vlastnosti, které sklu svou přítomností v jeho struktuře dodávají. Pozornost byla věnována také složení plaveného skla dle konkrétních výrobců. Poté byly popsány mechanické vlastnosti skla se zaměřením na podrobnější popis křehkého lomu, který měl pro zbytek práce velký význam. Okrajově byly zmíněny také běžně prováděné zkoušky materiálových vlastností skla.

Třetí kapitola se již začala věnovat čelním automobilovým sklům. Byla zmíněna jejich historie s důrazem na vývoj v posledních letech. Byli uvedeni nejvýznamnější výrobci čelních skel a samotný proces jejich výroby. Postup výroby čelního skla byl popsán velice detailně, jelikož některé informace byly pro zbytek práce důležité.

Pozornost byla věnována popisu homologačních zkoušek podle předpisu EHK č. 43. Také bylo uvedeno jejich značení, dodatečné značení a prvky jejich standardní a mimořádné výbavy. V závěru třetí kapitoly byl popsán postup instalace čelního skla ve výrobě a výměny skla v servise, při které byl autor sám nápomocen.

Čtvrtá kapitola obsahuje popis vlastní výzkumné činnosti. Autor rozčlenil typická poškození čelních skel do čtyř základních skupin a nejběžnější způsob vzniku těchto variant podrobně popsal. Popis se soustředil především na dva druhy základních poškození a to na prsknutí a bodové poškození. Ty jsou totiž pro pojišťovnu nejvýznamnější. Všechny skupiny byly doplněny o vlastní fotodokumentaci. Do závěru čtvrté kapitoly byly vloženy dle úsudku autora nejprínosnější části z knihy Pevnost a lom skla a keramiky (Menšík 1990), která pro tuto problematiku byla vhodným zdrojem informací.

Pátá kapitola se zaměřila na prezentace závěrů týkajících se výzkumu prasklin a bodových poškození. Byla sepsaná tak, aby byl po jejím přečtení pracovník pojišťovny schopen odhalit pokus o pojistný podvod, který se týká poškození čelního skla. Zejména podkapitola 5.2 týkající se bodového poškození a podkapitola 5.3 týkající se prasklin jsou nevyvratitelnými důkazy odhalující pojistný podvod. Pátá kapitola obsahuje i zjištění, která mohou být sporná a samostatně někdy nestačí k prokázání podvodu. Záměrně tato zjištění nebyla nevynechána, jelikož mohou sloužit jako prvotní podnět pro detailnější zkoumání

konkrétní škodní události. Samostatně nepostačující fakta mohou sloužit také jako jeden z více nepřímých důkazů, že se může jednat o pokus o podvodné jednání.

V poslední kapitole byla věnována pozornost alternativním variantám opravy čelního skla. Autor tuto metodu popsal tak, jak jí v praxi viděl a vysvětlil důvody, proč ji v daných případech provádět namísto běžné výměny. V závěru této kapitoly byl detailněji popsán autorův nápad, který umožní se zanedbatelnými náklady dosáhnout zcela srovnatelné fotodokumentace týkající se zvláště velice detailních fotek nezbytných pro posuzování škodních událostí. Veškeré další potřebné fotky již pracovníci servisů pro pojišťovny pořizují.

V závěru by autor také rád poděkoval pobočce České pojišťovny v Brně, která byla iniciátorem vytvoření této práce a ochotně mu poskytla smluvní partnery zabývající se touto problematikou. Největší poděkování patří jednomu konkrétnímu technikovi, jehož jméno z jistých důvodů není v této práci nikde zmíněno. Tento technik měl zásadní vliv na vytvoření diplomové práce, jelikož autorovi poskytl nejen přes stovku čelních skel pro vlastní výzkum, ale hlavně i své mnoholeté zkušenosti, bez kterých by tato práce neměla takový rozsah a přínos.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$c$ [m]	délka
$d$ [m]	délka
$E$ [Pa]	modul pružnosti v tahu
$F$ [N]	síla
$G$ [Pa]	modul pružnosti ve smyku
HV [-]	tvrdost dle Vickerse
$S$ [m <sup>2</sup> ]	plocha
$u$ [m]	střední délka úhlopříčky
$\alpha$ [rad, °]	úhel
$\gamma_s$ [J]	měrná povrchová energie vzniklých povrchů
$\sigma_{Pd}$ [Pa]	pevnost v tlaku
$\sigma_{Pt}$ [Pa]	pevnost v tahu
$\sigma_{kr}$ [Pa]	kritické napětí

Pozn.: Zbylé neuvedené symboly, chemické vzorce, gramatické značky a zkratky se řídí běžnou konvencí používanou v České republice.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) MENČÍK, Jaroslav. *Pevnost a lom skla a keramiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. Dostupné také z:  
<http://kramerus.mzk.cz/search/handle/uuid:76506020-8dee-11e5-ac67-005056827e51>
- (2) KAŇOVSKÝ, Tomáš, 2010. *Porovnání mechanických vlastností bočních autoskel*. Zlín. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Ing. David Maňas Ph.D.
- (3) *Zkouška tvrdosti dle Vickerse: (ČSN 42 0374)* [online], In:. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-vickers.htm>
- (4) *Automobile Windshield* [online], In:. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-1/Automobile-Windshield.html>
- (5) In: *GFB Autosklo Servis Praha: Autoskla, dělení autoskel, čelní skla a jejich výbava, boční a zadní autoskla* [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.autosklo-autoskla.cz/o-autosklech/autoskla-podrobny-prehled/#vybava-celnich-skel>
- (6) In: *SKLENÁŘSTVÍ KOS s.r.o.: Historie skla* [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://sro.sklenarstvikos.cz/historie-skla/>
- (7) In: *Auto.cz: Historie taxíků Mercedes: Od nejstaršího taxi světa po novou třídu E* [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/historie-taxiku-mercedes-od-nejstarsiho-taxi-sveta-novou-tridu-e-96995/foto?foto=0>
- (8) HAMÁNEK, Luďek, 2013. *NH, dřeviny, dřevařské stroje: Sklo*. Presentace. Opava: Střední odborné učiliště stavební.
- (9) SKLO, In: *Hornicko-geologická fakulta Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava* [online]. Ostrava [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/sklo.html#druhyskla>
- (10) Jde to i bez drátů, milý Marconi., 2017. *Autoforum* [online]. [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/predstaveni/jde-to-i-bez-dratu-mily-marconi-vw-nasel-novy-zpusob-jak-vyhrivat-celni-sklo/>



- (11) Peugeot 308 SW: Prosklená panoramatická střecha, *AV CAR* [online]. [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://avcar.cz/cz/modelove-rady/osobni-vozy-peugeot/peugeot-308-sw/>
- (12) Mercedes Head Up Display Concept, *Thomaspetrach* [online]. [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://thomaspetrach.co/?work=mercedes-hud>
- (13) Účinná ochrana před hlukem 2 – Sklo v protihlukových stěnách: Tepelně tvrzené (kalené) sklo, Vrstvené (laminované) bezpečnostní sklo, 2013. *IMateriály* [online]. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: [http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/clanky/ucinna-ochrana-pred-hlukem-2-sklo-v-protihlukovych-stenach\\_106092.html](http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/clanky/ucinna-ochrana-pred-hlukem-2-sklo-v-protihlukovych-stenach_106092.html)
- (14) FANDERLÍK, Ivan. Vlastnosti skel. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 1996. Sklářská knižnice. ISBN 80-85427-91-5.
- (15) BÍLEK, Pavel, 2010. *BílekFarkašová\_Křehký-a-tvárný-lom-linerání-a-elastoplastická-lomová-mechanika*. 3 s. Dostupné také z: [http://kmi2.uniza.sk/wp-content/uploads/2010/12/B%C3%ADlekFarka%C5%A1ov%C3%A1\\_K%C5%99ehk%C3%BD-a-tv%C3%A1rn%C3%BD-lom-liner%C3%A1n%C3%AD-a-elastoplastick%C3%A1-lomov%C3%A1-mechanika.doc](http://kmi2.uniza.sk/wp-content/uploads/2010/12/B%C3%ADlekFarka%C5%A1ov%C3%A1_K%C5%99ehk%C3%BD-a-tv%C3%A1rn%C3%BD-lom-liner%C3%A1n%C3%AD-a-elastoplastick%C3%A1-lomov%C3%A1-mechanika.doc)
- (16) BOUŠKA, Jiří, 2010. *Technologie oprav čelních skel automobilů*. Brno, 39 s. Bakalářská práce. Dostupné také z: [http://is.mendelu.cz/zp/portal\\_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=30969;download\\_prace=1](http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=30969;download_prace=1)
- (17) KORMOŠOVÁ, Iva, 2012. *Okenní folie*. Dostupné také z: <http://www.policie.cz/clanek/okenni-folie.aspx>
- (18) HLOŽÁNEK, Radek, *Materiály technologie skla a Technická dokumentace materiálů: Učební text*. 1. Zlín: Fakulta multimediálních komunikací UTB ve Zlíně.
- (19) ČESKÁ REPUBLIKA, *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 43: Jednotná ustanovení pro schválení typu bezpečnostních zasklívacích materiálů a jejich montáž ve vozidlech*, 2014. In: . Úřední věstník Evropské unie, číslo 43. Dostupné také z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>
- (20) BERÁNEK, Petr a Antonín SMRČEK. Tavení skla. Jablonec nad Nisou: Česká sklářská společnost, 2008. ISBN 978-80-904044-0-3.

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 – Plošné znázornění rozdílů mez: a - strukturou křemene, tj. krystalického SiO <sub>2</sub> , b – skelného SiO <sub>2</sub> (křemenné sklo), c - sodnokřemičitého skla (1).....	15
Obr. č. 2 – Zkouška podle Vickerse (3) .....	21
Obr. č. 3 – Daimler Victoria Taxi (první zasklení prostoru pro cestující) (7) .....	24
Obr. č. 4 – Výroba plaveného skla (8) .....	26
Obr. č. 5 – Proces kalení (13).....	27
Obr. č. 6 – Napětí v temperovaném skle (13) .....	27
Obr. č. 7 – Aplikace PVB fólie (13).....	28
Obr. č. 8 – Vliv G na únosnost při zatížení (13) .....	29
Obr. č. 9 – Přístroj na měření prostupnosti světla používaný PČR (17) .....	31
Obr. č. 10 – Přístroj zajišťující oděr dle předpisu č. 43 (19).....	32
Obr. č. 11 – Prosklená panoramatická střecha (11).....	33
Obr. č. 12 – Průřez skla zasazeného v rámečku .....	35
Obr. č. 13 – Homologační značení na autosklech dle předpisu č. 43 (19).....	35
Obr. č. 14 – Příklady značení čelních skel automobilů – silně zvýrazněno povinné značení, tenče doplňkové nepovinné.....	36
Obr. č. 15 – Označení bočního skla pomocí VIN kódu .....	37
Obr. č. 16 – Označení čelního skla pomocí VIN kódu v místech, kde bývá VIN pod čelním sklem (stejný bezpečnostní efekt) .....	37
Obr. č. 17 – Protisluneční pruh .....	39
Obr. č. 18 – Esteticky provedený přechod černého pásu .....	39
Obr. č. 19 – Senzor deště skrytý pod uchycením zpětného zrcátka (Ford Focus) .....	40
Obr. č. 20 – Vodiče výhřevu čelního skla (Ford Focus) .....	41
Obr. č. 21 – Viditelnost vodičů výhřevu za specifických světelných podmínek .....	42
Obr. č. 22 – Mercedes Head Up Display (12).....	44
Obr. č. 23 – Umístění čelního skla pracovníky montážní linky.....	45
Obr. č. 24 – Zpřístupnění skla .....	46
Obr. č. 25 – Nástroje pro prořezání a práce s nimi (v horní části obrázku prořezávací nástroj a jeho použití, obdobně je ve spodní části vyobrazen řezný drát).....	47
Obr. č. 26 – Čištění kontaktní plochy.....	47
Obr. č. 27 – Aplikace primeru a lepidla .....	48
Obr. č. 28 – Umístění a zafixování v karoserii.....	48
Obr. č. 29 – Ukázka bodových poškození (slangově včelí křídla).....	50
Obr. č. 30 – Ukázka bodových poškození (slangově hvězdice).....	51
Obr. č. 31 – Ukázka bodových poškození (slangově tříštivé poškození) .....	51

Obr. č. 32 - Ukázka bodových poškození (slangově tříštivé poškození).....	52
Obr. č. 33 – Ukázka bodových poškození (slangově kravské oko).....	52
Obr. č. 34 – Jemné poškrábání skla od stěrače .....	53
Obr. č. 35 – Totální poškození čelního skla .....	54
Obr. č. 36 – Tvar poškození odpovídající způsobu vzniku následkem špatně uchyceného nákladu nebo úderu od ramene stěrače.....	56
Obr. č. 37 – Příklady lomu skleněných tabulí (šipky ukazují směr šíření trhliny) (1) .	60
Obr. č. 38 – Prasklina kolmá k okraji skla vzniklá nejspíše tlakem rzi.....	61
Obr. č. 39 – Typická prasklina způsobená bodovým poškozením, zakřivená a směřující k okraji čelního skla pod úhlem.....	62
Obr. č. 40 – Fingované poškození .....	63
Obr. č. 41 – Další fingované poškození.....	63
Obr. č. 42 – Reálná poškození .....	64
Obr. č. 43 – Úhel rozvětvení A) podvod B) podvod C) reálná situace.....	64
Obr. č. 44 – Vzdálenost bodového poškození od rozvětvení a okraje skla .....	65
Obr. č. 45 – Příklady oxidace fólie v důsledku vzlinání vlhkosti po delším časovém období .....	66
Obr. č. 46 – Bubliny vzduchu vzniklé v důsledku oddělení PVB fólie od skla .....	66
Obr. č. 47 – Dráha praskliny je rovná a významně mimo poškození.....	67
Obr. č. 48 – Hlavní prasklina jdoucí mimo průsečík menších prasklin.....	67
Obr. č. 49 – Pozice čelního skla vůči vozovce .....	68
Obr. č. 50 – Dráha letu šterku uvolněného z pneumatiky .....	68
Obr. č. 51 – Nepřirozený směr odštípnutí materiálu .....	69
Obr. č. 52 – Odsakování důlčíku, při tvorbě poškození v již vzniklé prasklině, směrem dolů navíc s jasným zastavením okolního poškození o prasklinu .....	70
Obr. č. 53 – Specifické zakřivení vzniklé později dodávaným pnutím .....	71
Obr. č. 54 – Zakřivení dráhy trhliny ve žlutě označeném úseku vzniklo později vlivem tepelného namáhání, po červenou hranici byl vznik praskliny důsledkem bodového poškození.....	72
Obr. č. 55 – Tvar trhliny je stejně jako v předchozím obrázku značně odlišný za červeným ohraničením.....	72
Obr. č. 56 – Reálný případ, kdy původní poškození jsou označena červeně a žlutozeleně je označeno schválně vytvořené poškození v oblasti výhledu řidiče (aby se pojišťovna „necukala“).....	73
Obr. č. 57 – Nepřirozeně přesný tvar způsobený důlčíkem.....	74
Obr. č. 58 – Oblast výhledu řidiče .....	76
Obr. č. 59 – Opravná sada pro scelování skel.....	77
Obr. č. 60 – Rám, aplikátor a pístek .....	79

Obr. č. 61 – Možnost pořizování detailních fotek v dílenských podmínkách.....	81
Obr. č. 62 – Nástroje pro tvorbu bodových poškození.....	82

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Chemické složení plaveného (float) skla u jednotlivých výrobců (2).....	17
Tab. č. 2 – Požadavky na zrnitost sklářských tavných písků (9).....	18
Tab. č. 3 – Přehled sklářských surovin podle jejich funkcí a chemického složení (9, 18).....	18
Tab. č. 4 – Hodnoty maximálního obsahu $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ve sklářských píscích pro různé typy skel (9) .....	19